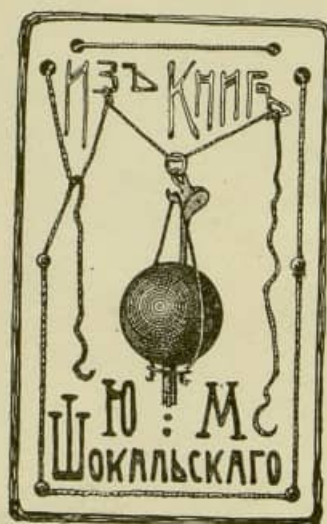




book-olds.ru

M. A. 3

Н. Ш.



БИБЛИОТЕКА
Ю. М. Шокальского

T

Записки

по

БИБЛИОТЕКА
Ю. М. Шокальского

ТЕОРИИ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ

Курсъ Бардемариновъ

Морского Кадетскаго Корпуса.

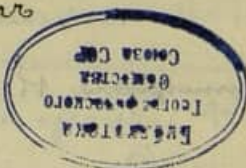
М. А. 3
Ю. Ш.

Составилъ

Штабс-Капитанъ А. Бригеръ.

С.-Петербургъ

1895 г.



Литография Н. Смирновскаго (Вос. Остро. 8^е л., № 1.).

4458

Литопграфировано по распоряжению Главнства Морского

Баденского Каруса. Сбл. Май 1895 г.

Литература 15. Бушневский (В. О. 8 и. № 1).

Оглавление.

I

Силы действующие на корабль на тихой воде. Главные статки корабельного груза. Определение величины, направления и точки приложения сил гидростатического давления воды на погруженное в нее тело. Атмосферное давление на корабль. Законы равновесия судна на тихой воде и их приложения.

§§ 1 - 13

II.

Теория наклонения судна. Упрощение общей задачи, рассмотрение частной этой теории; условие неизменяемости водоизмещения при наклонении корабля. Понятие о кривой наклонения или катенцесс кривой. Частный вид катенцесс кривой, когда действующие силы суть дуги того-же круга. Выведение кривой наклонения для всякого случая. Свойства этой кривой. Вспомогательная кривая, когда кривая наклонения обращается в точку. Другое выражение для перемены водоизмещения судна при наклонении его на безконечно-малый угол. Катенцесс поверхности углового судна.

§§ 14 - 26

- III. О перемещении центра величины при небольших наклонениях судна. §§ 27 - 31.
- IV. О моменте инерции трапеции грузовой. Момент инерции трапеции от груза параболы, уравнение которой есть $y^2 = 2fx$ §§ 32 - 35.
- V. О моменте инерции массы тела. Вращательное движение тела. Выражение угловой скорости и углового ускорения во вращательном движении тела. Свойства момента инерции. Понятие о радиусе инерции. Свойства радиуса инерции. §§ 36 - 39.
- VI. Трассирование центра величины и свойства ее. Общепринятая перемещение центра величины при наклонении судна. Выражение для радиуса кривизны трассировки центра величины. Построение трассировки центра величины. Геометрическое значение метацентра. Метациентровое движение. Трассирование центра величины в том случае, когда поверхность судна около естественной грузовой есть поверхность вращения. §§ 40 - 45.
- VII. Стойкость судна на тихой воде. Возмущающие моменты судна и ее величина. Мера стойкости. Условия которыми должна удовлетворять вся судна для безопасности при тавании. Способы удовлетворения этим условиям. §§ 46 - 48.
- VIII. а) Перемещение центра тяжести корабля при подъеме и спуске грузов, при наклонении их перемещении, а также при приложении или расхождении

ний грузов. Перемещение центра тяжести при подъемах и парусениях корабля. §§ 49-53.

IX.

а) Практические применения метода центрического способа устойчивости. Метациентрические диаграммы; построение их и употребление. Ошибки построения судна для определения их центра тяжести. Определение угла креста, происходящего от поперечного перемещения грузов. Влияние на устойчивость перемены груза в вертикальном направлении. Метациентр для продольных качаний. Определение изгибания дифферента судна вследствие передвижения груза по продольно-горизонтальному направлению. §§ 54-59.

X.

Вычисление площадей ватер-линий и шпангоутов по способу трапеций по первой формуле Симпсона (правильное деление) и по второй формуле Симпсона. Вычисление водоизмещения судна по чертежу. Высший предел ошибки при вычислении площадей по правилу трапеций. Сравнение между способом трапеций и способом Симпсона. §§ 60-65.

XI.

Стрелы по ватер-линиям и шпангоутам. Употребление их для определения места центра тяжести судна. §§ 66-67.

XII.

а) Грузовой размах. Кривая момента для двойной осадки судна. Наивысшие размахи вертикальных стоек судна. Перелом. Прогиб судна на волнении. Кривые вала наивысшие и наизысшие. §§ 68-71.

XIII

О сопротивлении воды движению корабля. Сила сопротивления воды, точка приложения

ние и направление этой силы. Обратности закона сопротивления воды. Общие упреждающие формулы сопротивления воды, ее физическое значение и различные ее виды. Коэффициенты сопротивления во различных частях судна. Работа сопротивления и связь ее с силой машины. §§ 72-75.

XIV. Понятие о теории сопротивления воды. Различия на суда обыкновенной конструкции. Диаметры вхождения в состав понятия сопротивления жидкости. Опытная формула для трения сопротивления воды. Сопротивление от водоворотов. Опытная формула для сопротивления от образования волн. Максимум и минимум сопротивления от образования волн. Практические способы определения полного сопротивления воды на суда. §§ 75-79.

XV. Судовой движитель. Диаметры ватера на паруса; направление движущей силы ватра. Влияние скорости ватра и хода. Влияние угла падения ватра на парус и угла дражки последнего. §§ 80-82.

XVI. Центр парусности. Вычисление и графическое определение центра этого центра. § 83.

XVII. Взаимное расположение и движение центров тяжести судна во время хода судна; условия равновесия хода и постановки курса, крена, дрейфа и положения руля. Связь между кренящими и выпрямляющими силами. § 84.

XVIII. а) Происхождение раскачивания и качания судна; влияние на них расположения парусов крена и дифферента.

Вертикальность судна на продолжении. О дрейфе.

§§ 85-86.

XIX

О колебаниях судна на тесной воде. Сравнение качаний судна (без сопротивления) с качаниями простого маятника; симметричность подобного сравнения. Положение оси качаний. Общее выражение углового ускорения качки. Сжимаемость качки. Ответственность сдвигующих увеличенного или уменьшенного сжимаемости качки. Мерили для качки судна. Внутреннее угловое и угловое ускорение для судов обыкновенной конструкции. Общее выражение угловой скорости судна. Естественный период качки

§§ 87-96.

XX

Основные условия теории волн. Понятие о прогондальной теории волн и построение простейшей прогондальной волны. Движение водных частиц по меридианам, и движение формы волны. Внутреннее строение волны. Изменение во направлении и напряжении давления воды соответственно движению волны. Способы излучения длины, высоты и скорости распространения волны.

§§ 97-102.

XXI

Качка корабля на волнении. О равновесии тель на поверхности воды, минимизация уклона по горизонту, влияющие всевозможные движущие постоянной силы на массу воды; о равновесии тель на поверхности воды, минимизация перемещения уровня. Колебания воды. Движущие сдвигующие покатость волны. Описание процесса качки. Зависимость между периодами естественных колебаний судна и периодами волн; формы качки. Дампирование движущих сопротивления воды во время качки судна на волнении. . .

§§ 102-106.

XXII.

Диарамма Вуда. Восприятие и употре-
жение Диараммы. Мера статической ос-
тойчивости по Диарамме Вуда. О дина-
мической остойчивости судна и ее опре-
деление по Диарамме Вуда. Диарамма
динамической остойчивости. Практиче-
ское применение теории динамической
стойчивости.

§§ 107-108.

XIX

XX

XXI

201-202

XXII

XXIII

XXIV

201-202

3

Силы действующие на корабль на ти-
хой водн. Главные статьи корабель-
ного груза. Определение величины, на-
правления и точки приложения силы
гидростатического давления воды на по-
груженное в нее тело. Соотноше-
ние между весом тела и гидроста-
тическим давлением воды. Гидростатичес-
ность атмосферного давления на ко-
рабль. Закон равновесия судна на
тихой водн и их приложения.

Силы действующие

на корабль
на тихой водн.

§ 1. На тихой водн судно, находящееся
в покое, подвергается действию только
трех сил: 1) Силы тяжести 2) Гидро-
статического давления воды и 3) Гидроста-
тического давления воздуха. Для того что-
бы иметь полное понятие о каждой из
сил, действующей на материальное
тело, необходимо рассмотреть три
элемента: 1) Величину или напряжение
силы, 2) ее направление и 3) точку ее
применения.

Сила тяжести

корабля или всей
его.

§ 2. Сила тяжести корабля. Вели-
чина этой силы, или напряжение ее есть
точно то же, какъ весь цѣлаго корабля, т. е.
всего веса его корпуса и статей корабельного гру-

Закон равновесия
корабля.

Закон равновесия корабельного груза называется
предметы вооружения и оснастки корабля;
предметы эти отчасти входят в состав
судна, а отчасти находятся в за-
висимости отъ специального служебного назна-

Вопросы по теории Кораблестроения.

Морского Инженерского Института.

Титулярный Советник И. И. Шенников

Лист 1^й

чение судна и особенностей его движения, и при этом способ разнообразия и много-численности, что подробное перечисление их было бы невозможно. Поэтому достаточно пере-числить только наиболее важные из них, а именно: отношение с корпусом и масе-лажем; предмет судна с его принадлежно-стями; якоря с канатами; запас воды в системах или бочках; топливо, и наконец, если судно коммерческое, то его товары, а в судно военного, — артиллерию; на броненосном судне к стоимости кара-вельного груза должно присоединить его броню с подкладкой, на пароходе — ма-шину, котлы, валы, винты, или предельные колеса; предмет личного снабжения также относится к стоимости каравельного груза этих судов, ибо они принадлежат.

Напряжение сил
тяжести, дейст-
вующих на
корабль.

§ 3. Напряжение равнодействующей
всех сил тяжести, действующих на
корабль или весь его всегда выражаемое
в тоннах, полагая каждый тонн в 62
русских пуда. Во Франции величина тон-
на несколько меньше 62 пудов, тонна ко-
торая принимается равной 1000 килограм-
мам т. е. 61,05 пуда.

Итак, когда говорят, что судно в
5000 тонн, то это значит, что всего
его равен 310,000 пуд.

Направление
сил тяжести,
действующих
на корабль.

§ 4. Что касается направления всех
сил тяжести, действующих на корабль,
то, как и для всех земных предметов,
эти силы всегда направлены к верти-
кальному центру.

Можно приме-

нение равно-

действующей

силы тяже-

лости дейст-

вующих на

корабли.

§ 5. Можно применение равнодей-

ствующей силы силы тяжести, действующей

на корабль, называется центром

тяжести корабля. Положение этой то-

чки в корабле оказывает весьма силь-

ное влияние на мореходные его качества и ста-

как положение это зависит от разложе-

ния в судно грузов, то понятно, что на

разложение грузов, должно быть обращено

особенное внимание. Если напириморь гру-

зы разложены так, что центр тя-

жести корабля слишком высоко, то сам

корабль делается балким, или мало устой-

чивым, не способен хорошо носить паруса

и рискует опрокинуться, чему уже были

примеры (русский корабль „Ледарь“ и ан-

глийский корабль „Cortain“).

В слишком низкое положение центра

тяжести корабля вывет за собою чрезмер-

ную его устойчивость, вследствие чего коле-

бание судна во время качки будет корот-

ким и стремительным, что крайне тяжело

для экипажа на таком корабле и опас-

но для прочности его конструкций.

Положение центра тяжести судна влияет

не только на его устойчивость, но также

на его способность маневрировать, по-

ворачиваться под парусами и прочее.

Во всех старых доблестных парусных судах

центр тяжести почти всегда находился вы-

ше грузовой ватерлинии. Во современ-

ных броненосных судах положение его бы-

вает весьма разное, но должно помнить что

попытается существенно ниже грузо-

вои батеро-мину.

Гидростатическое

§ 6. Гидростатическое давление воды,

свое давление во- есть второе сила, действующая на судно,

да- находящееся в покое на тихой воде. Дав-

направление сил- нение это действует всегда нормально к

гидр- статическое погруженной поверхности судна. Займем

давление на по- теперь определим величину, направ-

ляющуюся по- ление и точки приложения равнодействую-

верности суд- щей всех сил гидростатического давления

на- воды. Для этого рассмотрим вопрос сна-

гома в общем виде. Величины и на-

правление искомой равнодействующей

мы еще пока не знаем, но всегда мо-

жем себе представить, что она состоит

из трех составляющих сил: одной

вертикальной и двух горизонтальных.

Можем, что какое-нибудь тело

AC (см. 1) погруженное в воду, на-

ходится в равновесии. Из гидроста-

тики известно, что, горизонтальное

давление воды на каждую-нибудь по-

верхность равно горизонтальному

давлению на вертикальную проекцию

этой поверхности, или, иначе говоря,

горизонтальное давление воды на какую-

либо кривую поверхность равно ввсу-

стояла воды, или, точнее основанием

вертикальную проекцию этой поверх-

ности, которое перпендикулярно к

направлению давления, а высота равна

расстоянию от центра тяжести

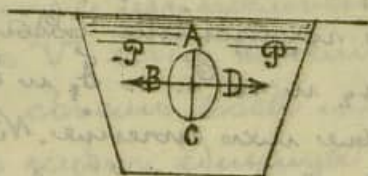
этой проекции до горизонта воды; но

всего давление воды на тело

AC есть та- же проекция давления на

часть ADC поверхности его, и противоположной ей ABC , поэтому горизонтальное давление воды

Рис. 1



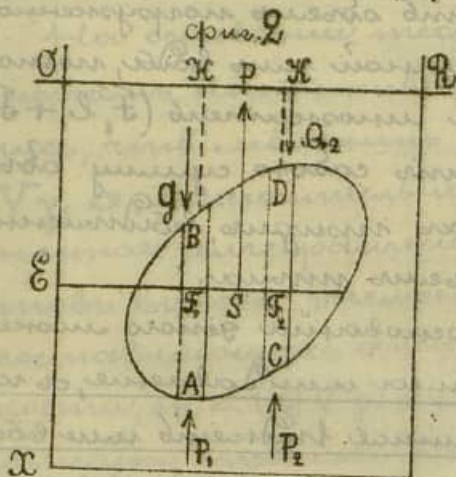
на переднюю часть поверхности тела также велика, как давление ($-P$) на противоположную часть,

Равнодействующая горизонтальных сил гидростатического давления воды равна нулю.

но так как давление эти действуют по направлению одной и той же прямой и в противоположные стороны, то равнодействующая их равна нулю. Также так это отношение между давлением имеет место при всяком горизонтальном направлении и соответственной вертикальной проекции тела AC , то понятно, что равнодействующая всех горизонтальных давлений равна нулю; поэтому тело AC , погруженное в воду, подвержено во всех горизонтальных направлениях одинаковому давлению, и следовательно не имеет никакого стремления двигаться по какому-либо горизонтальному направлению.

Определение равнодействующей всех вертикальных сил гидростатического давления.

Чтобы определить вертикальное давление воды на погруженное в нее тело



ABD (рис. 2), представив себе его, состоящим из элементарных вертикальных призм AB CD и т.д. и определив вертикальные давление на оконечности A и B

С и D, и т.д. Пусть длины этих призм
 суть l_1, l_2, l_3 и т.д.; расстояние KB, KD
 и т.д. верхних концов B и D и т.д.
 призм до горизонта воды, OR наведем
 через h_1, h_2 и т.д. а F_1 и F_2 и т.д. пере-
 зонтальные их сечения. Вертикальные
 давления действующие сверху вниз пусть
 будут Q_1, Q_2 и т.д. тогда $Q_1 = F_1 h_1 \gamma$;
 $Q_2 = F_2 h_2 \gamma$ и т.д., где γ есть вес куби-
 ческой единицы воды. Во этих управле-
 ниях можно элементарных площадок
 B и D взять проекции их на пере-
 зонтальную плоскость что и согласно
 с вышеупомянутым законом гидро-
 статике.

Максимум же можно образовать давле-
 ния, действующие снизу вверх на концы
 A и C будут:

P_1 и P_2 и т.д., при чем
 $P_1 = F_1 (h_1 + l_1) \gamma$ $P_2 = F_2 (h_2 + l_2) \gamma$ и т.д.

Совокупные эти силы получим их
 равнодействующую

$$(1) P = F_1 (h_1 + l_1) \gamma + F_2 (h_2 + l_2) \gamma + \dots - F_1 h_1 \gamma - \\ - F_2 h_2 \gamma - \dots = (F_1 l_1 + F_2 l_2 + \dots) \gamma = V \gamma$$

где V есть объем погруженного тела, или
 вытесненной им воды, поэтому что мно-
 жительный множитель $(F_1 l_1 + F_2 l_2 + \dots)$ пред-

Вертикальное ставляет собою сумму объемов элемен-
тарных призм, вытесненных в тело,
погруженное в или объем тела.

нее тело рав- Но основой этого можем сказать,
няется в силу что сила или давление, с которым вода
вытесненной стремится поднять или вытеснить снизу
любой воды. вверх погруженное в нее тело, равняется

веса вытесненной воды, или веса воды
 погруженной в нее. Этот вывод прямо
 получается из последнего уравнения, так как
 V есть объем погруженного тела
 или объема воды или вытесненной, а γ
 есть удельный вес воды, следовательно $V\gamma$ есть
 вес вытесненной телом воды.

Теорема о равнодействующей § 7. Чтобы определить точку прило-
 жения этой равнодействующей, обозна-
 чим расстояния EF_1, EF_2 и т.д. элемен-
 тарных призм AB, CD и т.д. до верти-
 кальной плоскости OX через α, α_2 и т.д.
 и определим моменты давлений отно-
 сительно этой плоскости, т.е. произведе-
 ние из давлений на расстояния их точек
 приложения до плоскости момента
 Пусть S есть точка приложения рав-
 нодействующей всех вертикальных
 давлений, или силы вытесняющей тело,
 а $ES = x$, есть расстояние иско-
 мый точки приложения равнодействующей
 всех вертикальных сил гидроста-
 тического давления воды до плоскости OX .

На основании теоремы о моментах,
 можем написать уравнение, выражаю-
 щее, что момент веса, всего тела, т.е.
 $V\gamma \cdot x$, относительно плоскости OX рав-
 няется алгебраической сумме момен-
 тов весов элементарных призм его
 составляющих относительно той же пла-
 ности, т.е. $(2) V\gamma \cdot x = F_1 l_1 \gamma \alpha_1 + F_2 l_2 \gamma \alpha_2 + \dots$,
 откуда, приняв во внимание уравне-

ние (1), находим:

$$x = \frac{\sum l_1 \alpha_1 + \sum l_2 \alpha_2 + \dots}{\sum l_1 + \sum l_2 + \dots} = \frac{V_1 \alpha_1 + V_2 \alpha_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

где через V_1 и V_2 обозначены объемы элементарных призм. Намекает из элементарной механики известно, что уровнение

$$x = \frac{V_1 \alpha_1 + V_2 \alpha_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

выражает расстояние центра тяжести объема тела до избранной плоскости моментов, то есть и заключаем, что точка приложения $\sum$ выталкивающей силы воды, или иначе говоря, равнодействующей всех вертикальных сил выталкивающих сил гидростатического давления воды, совпадает с центром тяжести объема воды, вытесненной телом.

Если погруженное в воду тело однородно, то центр тяжести его совпадает с центром тяжести вытесненной воды и тогда можно сказать что точка приложения $\sum$, равнодействующей P всех вертикальных сил гидростатического давления воды совпадает с центром тяжести погруженного тела.

Соотношение между $\sum$ 8. 1-й выталкивающей силой воды при ду висит тела соединяется влсе $\sum$ погруженного тела, и равнодействующей гидростатического давления воды. которая движется в сторону, противоположную первой силе. Предположим тело однородным и совершенно погруженным в воду, мы на основании последней теоремы, легко можем

покажем, что точки приложения силы G (веса) и P (выдавливающей силы воды) совпадают в одной точке, которая есть ничто иное как центр тяжести тела. Покажем это разложением сил G и P приложенных в одной точке, вертикальной и противоположной, но одинаковой влеса тела G , за силу со знаком $(+)$, а силу P со знаком $(-)$, найдем, что равнодействующая их R равна их алгебраической сумме, т.е.

$$R = G - P.$$

Используя это уравнение найдем:

1.) Если сила G равна силе P , то равнодействующая $R=0$, т.е. тело находится в равновесии и не стремится ни погружаться в воду, ни всплывать на поверхность воды.

2.) Если $G > P$ то $R > 0$ и тело, находясь под выталкивающей силой своего веса, будет стремиться утонуть в воду.

3.) Если $G < P$, то $R < 0$ и тело, подвергаясь преобладающему влиянию выталкивающей силы воды, будет стремиться всплыть на ее поверхность. Выходя на поверхность воды, оно уменьшит свой подводный объем, что будет продолжаться до тех пор, пока вес вытесняемой им воды, или сила P не становится равной силе G , т.е. влсу тела; в этот момент равнодействующая R об-

Учитель Младш. Кембриджского Училища

Закон Архимеда
медов.

исполнен ответ равного O и т.н. и придет
в равновесие. Из последних размышле-
ний вытекает следующий общезначимый
закон, высказанный впервые Архимедом:
Для того чтобы тело плавало на поверх-
ности воды необходимо и достаточно,
чтобы вес вытесненного им объема
воды равнялся собственному весу.

§ 9. Если рассматриваемое тело не-
однородно, то центр его тяжести мо-
жет и не совпадать с центром тя-
жести вытесненного им объема во-
ды. Очевидно, что в этом случае для
равновесия тела надо, чтобы давлен-
ия тяжести лежали по одной и
той-же вертикальной прямой, так
как иначе получимся - бы поворота, и
равновесие было бы нарушено.

§ 10. Центр тяжести подводного
объема плавающего судна, или, что то-
же, центр тяжести объема воды вы-
тесненной плавающим судном на-
зывается центром величины, а равно-
действующее гидростатического давления
воды, равное, как мы только что видели,
весу вытесненного тела, а в нашем
случае судна (конечно при условии его
равновесия на тихой воде), - назы-
вается водоизмещающим судна.

Центр вели-
чины и водоиз-
мещение.

Итак мы видим, что центр
величины есть та именно точка, в ко-
торой приложена поддерживающая сила
воды. Поэтому понятно, какое важное
значение для безопасности корабля имеет

расположение в нем центра тяжести, так как в этой точке сосредоточена опора корабля при его наклонении. Именно такое, что когда при наклонении корабля, он имеет форму подводной своей части, то и центр тяжести должен иметь в нем свое место.

Гидростатическое § 11. Мысль о том, что гидростатическое давление воздуха, на первый взгляд может показаться простым, такою как на каждый квадратный дюйм воздуха давит с усилием 15 английских фунтов, что составит около 60 мф. на 1 кв. фут. В действительности же это не так. Давление воздуха действует не только на наружную подводную поверхность корабля, но и внутри его, вследствие чего, что давление воздуха передается чрез воду без всякой перемены на наружную поверхность корабля. И так, действительное давление воздуха можно в самом строгом смысле и вообще совсем не рассматривать в вопросах теории кораблестроения. Заметим однако, что с этого момента приходится считаться при приподнятии затонувших судов, когда давление воздуха может достигнуть такого значения, что способно согнуть балки и даже сломать

свежи помуды. Подобный случай имела
мнею при подъеме затонувшей
канонерской лодки „Смерть“.

Законы равновесия судна на тихой воде.

§ 12. И так из всего предыдущаго
вытекают следующие два закона равновесия судна на тихой воде.

1.) Водоизмещение судна и весь его вес всегда равны на тихой воде.

2.) Центр тяжести судна и центр тяжести его должны быть расположены в судне непременно один под другим и при том на одной и той же вертикальной прямой.

Применение законов равновесия судна на тихой воде.

§ 13. Весьма важное применение первого закона равновесия судна на тихой воде состоит в том, что для определения веса корабля можно и не взвешивать весь ствол его груза, а достаточно только знать грузение имевшей на тихой воде, а для большей точности и измерять и погружаться в воду зортов, потому нанести эти грузения на проекции судна — бок и корпус. Достаточно знать только весовые, по проведению указанных выше этого объема в кубических футах и результаты помножить на весь кубический объем воды, или, что то же самое, весь равный 70 футам, на $\frac{7}{248}$ тонны, тогда и получим водоизмещение корабля, а следовательно и его вес в тоннах.

Другое весьма важное применение первого закона заключается в определении количества груза, которое должно принять судно на воду корабля, чтобы сбить по дачную грузовую ватерлинию, а также в определении веса порожнего корпуса. Для последнего нужно знать только, по сучку корабля на воду, закончить грузование его итд и итд и поступить как только что было сказано.

Чтобы найти сколько груза должно принять корабль, чтобы сбить по дачную грузовую ватерлинию, нужно только нанести на проекцию судна его грузование по сучку на воду, что и даст так называемую сучковую ватерлинию. Объем законченный между этой линией и дачною грузового, также нанесенного на проекцию судна, будет означен на $\frac{7}{248}$, даст в тоннах количество груза, которое может принять судно.

Применение второго закона состоит в том, что по дачному положению центра тяжести, можно, не прибегая ни к каким долгим и сложным вычислениям, нанести на чертеж, а именно по закону, итд, по которой должно находиться центр тяжести корабля, для чего нужно только чрез проекцию центра тяжести провести вертикальную линию. Без помощи же этого закона

применяется - для взвешивания всех частей судна и всей системы его груза и измерения разностей их по горизонтальному направлению до какой-либо вертикальной и горизонтальной плоскости, чтобы зная по теории моменты найти, как расположится центр тяжести воды судна, так и по глубине.

Теория наклонов судна. Упрощение общей задачи, рассматриваемой этой теорией; условие неизменяемости водоизмещения при наклонении корабля. Положение о кривой наклонов или катящейся кривой. Таковой вид катящейся кривой, когда движение обвода суть дуги того-же круга. Выведение кривой наклонов для всякого сечения. Свойства этой кривой. Случай, когда кривая наклонов обращается в точку.

§ 14. В § 10^м предыдущей статьи было упомянуто, что, если на корабль подействуют в равновесии на покойной воде, подмывающие концы-мизы силы и наклонить его на какую-нибудь сторону, то объем и форма подводной его части, вообще говоря, изменятся и центр величины, рассматриваемый как центр те-

присутствует подводная часть корабля, не-
решившись свое место. Таким как в
центре величины сосредоточено все
сила поддерживающая корабль на
воде, то отсюда очевидно, как
важно знать положение этой точки
при наклонении корабля, так
часто случаются вперемешку его
случаи.

Впоследствии мы увидим, что по-
ложение этой точки в корабле, нахо-
дится в зависимости от величины и на-
правления способности его противостоять только
неизменно-существующим силам, ко-
торые стремятся опрокинуть корабль.

Итак, чтобы дать себе ответ о
положении центра тяжести судна, надо уметь
определять во всякий момент этого
наклонения форму подводной его части
и знать место центра величины.
Таким образом общий вопрос о
положении судна разделяется на
два задания:

1^е. При данном наклонении суд-
на определить объем и форму под-
водной его части и

2^е. При данном наклонении судна
найти место центра величины, зная
его положение в судне до наклоне-
ния.

Упрощение задачи. § 15. Изменение первой из этих за-
дач в общем виде, т. е. для ко-
го корабля представляется мно-
го затруднений в первом из них,

что форма сѣна не поддается математическому анализу, а во-вторыхъ потому, что наклонение сѣна можетъ происходить по различнымъ направлениямъ. Вопросъ не представляется однако столь сложнымъ, если ограничимъ себя только некоторыми частными случаями. Въ виду этого мы не будемъ разсматривать наклонений сѣна по какому-либо произвольному направлению, а займемся лишь случаями доковыми наклонениями, т. е. около осей лежащихъ въ диаметровой плоскости ей параллельной, а зритель продолговатыми наклонениями, т. е. около осей, лежащихъ въ какой-нибудь вертикально-поперечной плоскости (напр. въ плоскости сидель-штангоута или вощице какою-либо штангоута). Такая прелесть вводитъ можетъ быть допустить, потому что всякое произвольное наклонение сѣна можетъ быть разложено на два: продолговатое и поперечное, а следовательно и обратно.

Говоря этого, такъ какъ съ наклонениемъ сѣна на какую-либо сторону и все его свечение наклоняется подобнымъ-же образомъ, то разсматривая случаи наклонения только его свечений, а именно штангоутовъ, когда речь идетъ о доковыхъ наклоненияхъ и затоксовъ, когда будемъ говорить о наклоненияхъ продолговатыхъ.

Условие неизменяемости. § 16. Дополнительные и толковые указания
могут вводиться предположением зодовки заключающиеся во том, что
цене при наклоне мы предполагаем наклонение корабля,
направление судна. происходящим только под влиянием пере-
 мещений содействующих его грузам (т. е. дви-
 жению на нем и до наклонения его), или
 под влиянием двойных какой либо пары
 выходящих сил, не дающих вертикаль-
 ной составляющей; иначе говоря, мы предпо-
 лагаем, что наклонение корабля происхо-
 дит таким образом, что один из его
 во время процесса наклонения до и
 после него остается неизменяемым, а
 следовательно не изгибается и деформиру-
 ется (по первому закону равновесия судна
 на тихой воде). Это последнее условие
неизменяемости водонизмещения корабля
во время его наклонения, дает возмож-
 ность выразить нашу зодовку संबудо-
 щим образом

Но данной формулы разматривае-
 мого сечения судна провести роль грузо-
 вки для него такой же, чтобы они
 представляли одну и ту же подводную
 толщину.

§ 17. Чтобы упростить эти линии
 через середину естественной грузовой
 линии разматриваемого сечения, на
 не трудно будет доказать, что это
 вообще неверно. Возьмем для при-
 мера сечение, которое во предположе-
 наклонения, допускаемых практическим, им-
 еет приемлемые отводы вверху и ни-
 же грузовой батареи. линии.

линии по теории Королевского.
 Ларская Академия Королевского.

Линия Младен-Камбаль-Камбаль

Лист 2

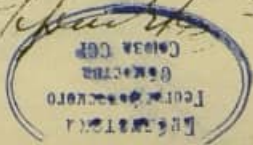
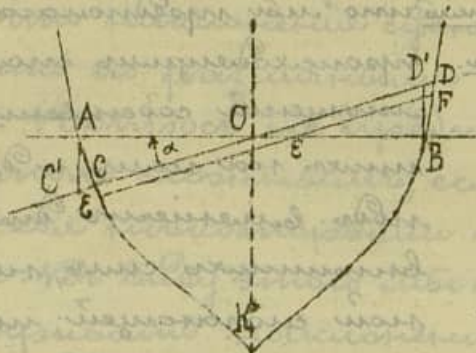


рис. 3.



Пусть на (рис. 3) O представлено
серединой естественной грузовой камеро-
мнии AB ; тогда, проведем через O пре-
мую CD под углом α , итаким при-
момом, что CD будет грузовой мнии
иногда при показании ее на
угле α . Если это так, то новая под-
водящая площадь $CEBD$ должна быть рав-
на прежней площади ACB . Но так как
равенство не может иметь места,
потому что введя в воду $\triangle BOD$
не может быть равенство введя
из воды $\triangle DOC$.

Из этого видно, что площадь из A и
 B перпендикулярны AC' и BD' , имеем:

$$\triangle BOD = \triangle BOD' + \triangle DBD'$$

$$\triangle DOC = \triangle DOC' - \triangle CDC'$$

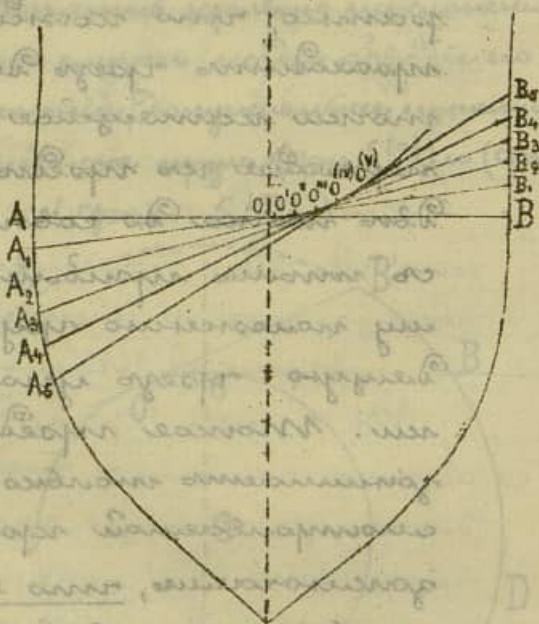
$$\text{производит} = \triangle DBD' + \triangle CDC'$$

И так $\triangle BOD$ и $\triangle DOC$ не равны
и разность между ними показывается,
на сколько увеличится подводная пло-
щадь иногда, если новая грузовая

линия будет проведена через середину стальной; поэтому грузовая, удовлетворяющая условию неизменяемости водонизмения, будет тангенсальная прямая $E\bar{D}$, отсюда видно, что тангенсальная прямая $E\bar{D}$ есть середина O , т.е. тангенсальная прямая. Теперь является вопрос, каковы-же именно образы подо провести эту прямую $E\bar{D}$, или, иначе говоря, по какому закону изменяется положение грузовых линий на плоскости тангенсальной, тангенса, или все-таки другого сечения корабля, с изменением угла наклона этих сечений?

Понятие о кривой. § 18. Возьмем вертикально-положенную сечение судна или тангенса, к которому у которого естественная грузовая линия есть AB (рис. 4.).

рис. 4.

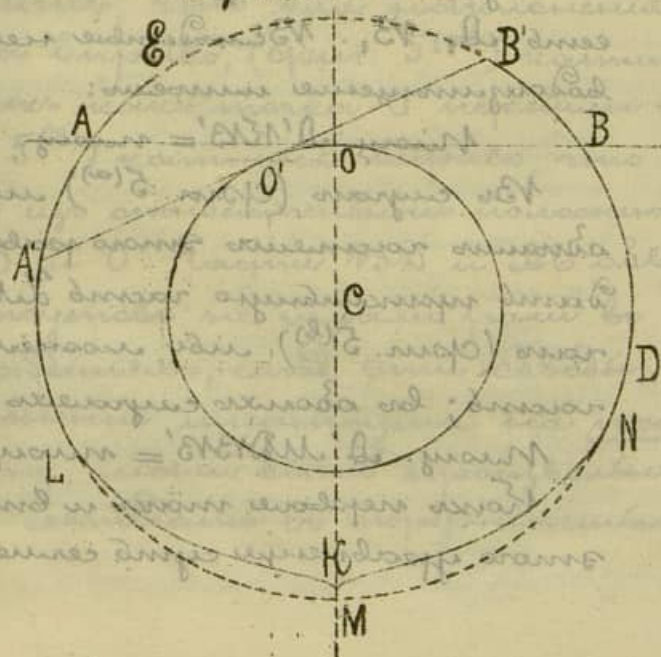


Предположим, что мы провели не-
сколько произвольных линий $A_1, B_1, A_2, B_2,$
 $A_3, B_3, \dots$ и найдем точки пере-
сечения $O_1, O_2, O_3, \dots$ каждой пары
соседственных линий. Соединяя точ-
ки $O_1, O_2, O_3, \dots$ проведем через эти
точки, получаемая кривая называется
инволютой или контенсое ее кривой.

Если мы предположим, что каждая
пара соседственных произвольных линий без-
конечно близки одна к другой, то эта
кривая обратится в так называе-
мую в элементарной геометрии об-
ертывающую кривую всех положений
произвольной линии инволюта. Тогда как
эта кривая есть нечто иное как ге-
ометрическое место точек пересечения
бесконечно близких друг к другу произ-
вольных линий, то можно сказать и об-
ратно, что каждая произвольная линия
проходит через две бесконечно близкие
точки контенсы кривой. И тогда,
переходя к пределу, т. е. сближая эти
две точки до совпадения, мы выйдем
с тем же предположением к предельно-
му положению произвольной линии, прохо-
дящую через упомянутые две точ-
ки. Такое предельное положение
занимает только касательная к раз-
сматриваемой кривой, откуда мы
заключаем, что все произвольные линии
есть касательные к кривой инволю-
та и обратно: всякая
прямая касательная к кривой инволю-

нение ипотезы, что кривая, выходящая из точки A , удовлетворяет условию неизменяемости водонитов. В этом и состоит главное свойство кривой. Замечу, что название кривой ей присваивается потому, что каждая точка ее, будучи пересечением двух кривых линий, очевидно служит источником водонитов. Вспомогательное условие неизменяемости водонитов можно произвести, заставив эту кривую, неразрывно соединенную с ипотезой, двигаться по горизонту воды. В некоторых случаях кривая наклонов определяется весьма просто. Для примера рассмотрим следующий случай:

Случайный случай - § 19. Определим кривую наклона ипотезы в том случае, когда ось воды в пре-
бывающей кривой. В этом случае, допуская, что кривая, сущ-
ствующая в том же направлении (ср. 5⁽¹⁾) и (ср. 5⁽²⁾),
(ср. 5⁽¹⁰⁾).



того-же круга, а для возможности равенства сегментов того-же круга, нужно, чтобы хорды AB и $A'B'$ были равно удалены от центра круга C . Из сказанного заключаем, что все грузовые линии $AB, A, B, \dots$ должны быть касательными к одному и тому-же внутреннему кругу, который легко определяется по его радиусу CO , т. е. по расстоянию между центром и естественного грузового линия AB . Дистанция AB и служит для разматываемого троса на концевое криво.

Не лишнее заметить, что для суждения представлять наклонение троса на провуду стороны, при чем совершенно или вообразим, что трос лежит на линии с горизонтом воды как-бы наклоненная так, чтобы результирующее наклонение было такое же, как и в том случае, если-бы на наклонении сам трос. При таком способе изображения наклонения выходящих, что для наклонения троса вправо, (срн. 5^(а)) как и в левую, так как точка O перемещается в O' , а (срн. 5^(б)) как и в левую, что можно видеть из относительного положения точек O и O' . Части AB и AE отвода троса не играют роли в наших рассуждениях, след. эти отводы, при наклонении троса на провуду стороны, могут быть произвольными и не совпадают с окружностью круга

трасеции.

Соединим точки N и P трассой NP ,
а M и Q трассой MQ иными:

$$\left. \begin{aligned} \text{м. } \Delta^{\text{ка}} MON &= \text{м. } \Delta^{\text{ка}} POQ \\ \text{м. } \Delta^{\text{ка}} MOQ &= \text{м. } \Delta^{\text{ка}} MPA \end{aligned} \right\} \text{соединить попарно}$$

$$\text{м. } \Delta^{\text{ка}} MPA = \text{м. } \Delta^{\text{ка}} MPA, \text{ по трассе.}$$

$$\Delta^{\text{ка}} MPA = MQ \cdot \frac{h}{2}, \text{ а также}$$

$$\Delta^{\text{ка}} MPA = MQ \cdot \frac{h'}{2}, \text{ откуда}$$

$$MQ \cdot \frac{h}{2} = MQ \cdot \frac{h'}{2} \text{ и } h = h', \text{ т. е. линии}$$

NP параллельны линии MQ , следовательно раз-
смотренный треугольник есть
трапеция.

Эта теорема дает способ ввер-
тывания кривой наклонение какого-либо
судна. Рассмотрим сначала частный
случай:

§ 21. Задача. Провести грузовую

линию через данную точку течения и на-
ружта, отвода которого в предельных
наклонах допускаемых проливною,

могут быть приняты за предель-
ные. Этот способ может быть два

случая: двукратные отводы, т. е. при
продвижении вправо катане также груз-
овой вперёд-линии, или один раз.

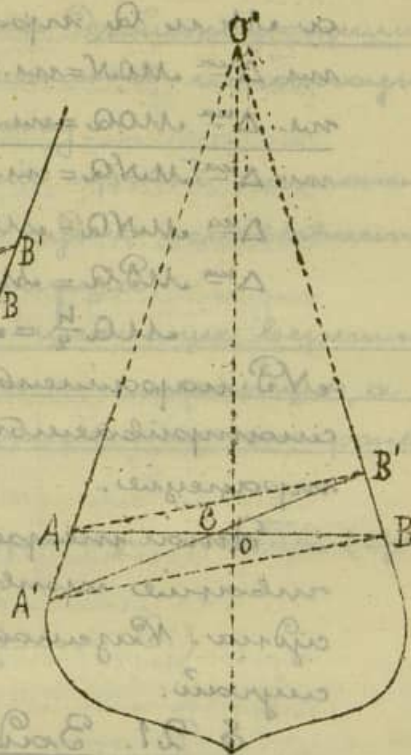
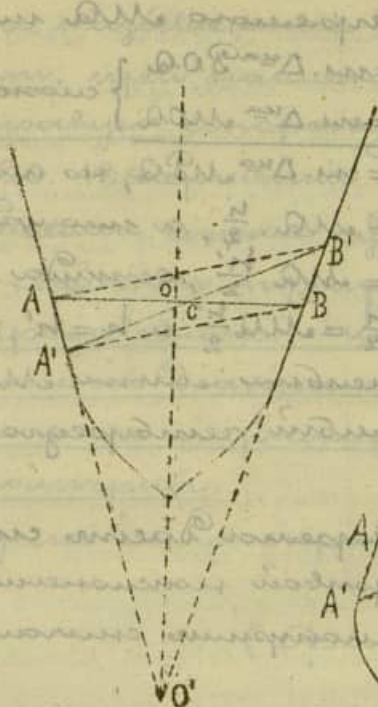
В первом случае точка грузовая
линия проводится через точку VB'
по одному способу (фиг. 7) и
(фиг. 8).

Допустим, что VB , AB есть на-
клон грузовая линия, тогда ΔVB , CB
вместе в воду равен $\Delta^{\text{ка}} AB'$, в-
месте из воды. Следовательно и
имеет два пересечения с трассой

Иван Ушаков Канал Бразил

фиг. 7

фиг. 8.



AB и $A'B'$, ограничивающие две равные площади треугольников BCB' и ACB' , а потому на основании обратной предвзвешенной леммы, концы этих линий A и A' , B и B' должны быть вершинами прямого угла, параллельные стороны которой суть прямые AB' и $A'B$. Отсюда вытекают след. прямого для проведения грузовой вагонет-мани через данную точку B' отвода минерала.

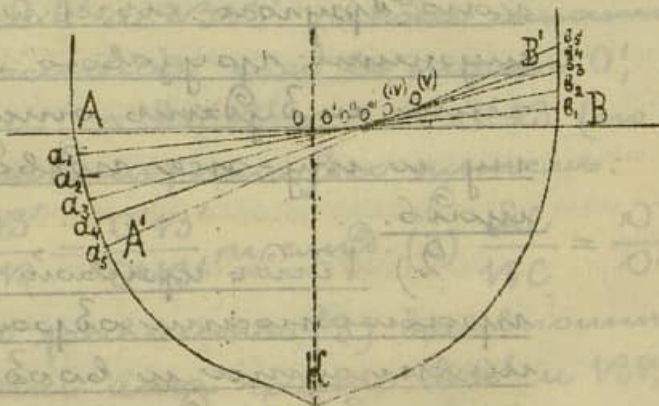
Надо соединить эту точку с противоположным концом A естественной грузовой вагонет-мани, из другого конца B этой грузовой про-

вести прямую $ВД'$ параллельно первой линии и перпендикулярно точке $Д'$ на вогнутом огибае соединить с данным точкою $В'$ на первом огибае прямую, которая и будет требуемая кривая линия.

§ 22. Если двукривоугольные огибае $АД'$ и $ВВ'$ взаимноглаго сугб кривые линии, то всегда можно представить $ВВ'$, разделив на число малых частей, что каждая из них можно принять за прямую линию.

Положим, что взаимноглаго наклоненная вправо, тогда правый огибае $ВВ'$ опускается во воду, а левый $АД'$ выходит из воды. Возьмем на огибае $ВВ'$ точку $Б$, тогда $ВБ$, можно было принять за прямую линию, и тогда проложим линию, проведенная через точку $Б$, отсюда на взаимноглагоном огибае разобь $АД'$, вывешиваемо совпадающую с прямой (рис. 9). Прове-

(рис. 9.)



Детнае максимум образом грузовой линии α, β , пересекается естественным грузовой линией в точке O' . С нового грузового поступаем подобию - все образом, т. е. отнюдь возмем по диаметру отвода точку β_2 так, чтобы β, β_2 можно было провести за грузовой линией; затем, основываясь на свойствах тупеции, проведем тупецию грузовой ватер-линии - $\alpha_2 \beta_2$, которая пересечется с предыдущей в точке O'' . Можно также получить остальные последовательные грузовые ватер-линии. Сложившие кривые, проведенные через точки O, O', O'' пересечение каждой последовательных двух грузовых ватер-линий представит нам катящуюся кривую рассматриваемого моста.

Свойства кривой поворота.

§ 23. Свойства поворота моста образом кривой суть следующие:

1.) Всякая касательная к кривой поворота моста или в каком другом сечении схода моста служит грузовой линией этого сечения и будет отстоять всегда от той и той-же подводки его моста.

2.) Вид кривой не зависит от правильности образования всего моста и вообще от тех частей отвода, которые во время

наклонение Δ было все время под водом или над тем, потому что на построение кривой вывели только двукратные отбросы.

3.) Каждая грузовая линия касается кривой наклонения своего среднего. Справедливость этого предположения будет доказана для всех грузовых линий, относящихся к равным подводным толщам, если она будет доказана хотя для одной из них. Докажем-же справедливость этого предположения для естественной грузовой контур-линии. Пусть AB и $A'B'$ [(фиг. 7) и (фиг. 8)] будут две грузовые линии проведенные под таким углом наклонения, чтобы части отбросов Ad и $B'B$, соответственно совпадали с преобладающим, проведенным через такие точки.

Потому из подобия $\triangle ABC$ и $A'B'C'$ (по параллельности сторон AB и $A'B'$) имеем след. пропорцию

$$(1) \quad \frac{AC}{BC} = \frac{A'B'}{A'B}$$

Продолжив перпендикуляры от точки Ad и $B'B'$ отброса и продолжив до пересечения их в точку O' , получим: $\triangle AO'B' \sim \triangle A'O'B$ (по той же причине) откуда имеем:

$$(2) \quad \frac{A'B'}{A'B} = \frac{O'B'}{O'B} \text{ и след. } (3) \quad \frac{AC}{BC} = \frac{O'B'}{O'B}$$

Это показывает (3) не только верно, но, так как части Ad и $B'B'$ все-

такие не предельные линии; строго справедливым это суждение стало - только тогда, когда мы имеем предельно-бесконечно малый. Переходя из этого предположения к предельному случаю, что

$$\text{Пред. } \frac{AC}{BC} = \text{Пред. } \frac{O'B'}{O'B}, \text{ то}$$

Отношение $\frac{O'B'}{O'B}$ при безразличном движении точек B' и B стремится к единице, следовательно, пред. $\frac{O'B'}{O'B} = 1$, а значит и

$$\text{Пред. } \frac{AC}{BC} = 1, \text{ т. е.}$$

в предельном $AC = BC$. Из этого видно, что при безразличном движении точек B и B' пересечение безконечно-близких грузовой с обводной и тангента, точка пересечения с этими грузовой стремится к середине O грузовой вагетер-линии и в предельном совмещается с нею. Замыслим кривую того, что две безконечно близкие грузовой AB и $A'B'$ в то же время суть две безконечно-близкие касательные к кривой поклонения и что точка C пересечения этих касательных, при их сближении, сама приближается к точке касания той из двух касательных, которая остается неподвижною; откуда заключаем, что середина O грузовой AB есть в то же время точка ее касания к кривой

наклонение, тогда как она и есть та
именно точка с которой во предвѣст
сближается точка C. Тогда как
къ подводящему заклинению можно
привести путемъ такихъ же разсуж-
дений для грузовой линии, $A'B'$ и
всегой другой то и можно ска-
зать, что грузовое воитеръ-ли-
ние при всакомъ углу наклонения
нормальною касается къ кривой на-
клонения своего сѣредняго.

Уравнение. Изъ уравнение:

$$\frac{AC}{BC} = \frac{O'B'}{O'B}$$

видимъ, что если $O'B' > O'B$ (рис. 7),
то бываетъ тогда, когда прѣмбле
 $A'B'$ и $B'B'$, для своей внутренней дол-
жны быть продолжены внизъ, т.е.
когда $\angle CB'B' > \angle CBA'$, то $AC > BC$; ели-
же $O'B' < O'B$ (рис. 8), то бу-
ваетъ тогда, когда прѣмбле $A'B'$
и $B'B'$ для своей внутренней должны
быть продолжены вверхъ, т.е. когда
 $\angle CB'B' < \angle CBA'$, то и $AC < BC$. Ука-
же равна: точка C пересѣчение
двухъ грузовыхъ воитеръ-линий при-
двигается къ тому изъ двѣхъ во-
итеръ-линий (или $B'B'$), кото-
рый составляетъ болѣеи уголъ съ
внутреннимъ направлениемъ прѣд-
вѣстующей грузовой (AB).

Вспомогат. лемма
кривая намо-
нение образуетъ
се въ точку.

§ 24. Вспомогат. лемма, когда для
отношения равновѣсности между
собою подводящихъ тѣлоидовъ и на-
клонения

наименее и потому, имеет необходимость признать на
многообразие односторонности, основанную на упомянутом
своем свойстве тупоугольной, а достояние
существование лишь проведенное новое грузовой ли-
нии через середину естественной грузовой,
и $A'B'$ что поведомству не сомненно с доказом-
ством в § 17, но мы увидим сейчас,
что это противоречие только кажущееся.

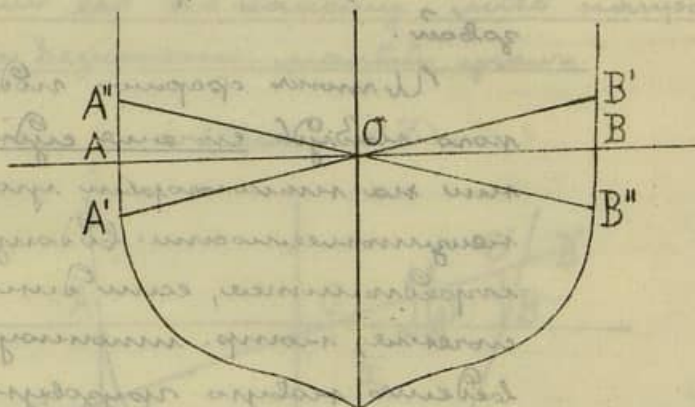
Представим себе такой типич-
ный, двукривойный отвод от ко-
рня (подводный и надводный) симме-
тричны относительно естественной
грузовой вагнер-линии в предположе-
(F. 100) $A'B'$ наклонений допускаемых практическо-
го. В этом случае кривые наклоне-
ния взаимно перпендикулярны в то-
чку, соответствующую с серединою гру-
зовой.

В самом деле, если через
середину O грузовой вагнер-линии
(см. 10, 11 и 12) проведем произ-
вольную прямую $A'B'$ в упомя-
нутых предположениях, то вследствие
симметрии кривых AA' и BB' ,
площади AOA' и BOB' будут
равны, следовательно прямая $A'B'$
отскакивая на фронталь перпендикулярно под-
водной площади, будет грузовой
линией.

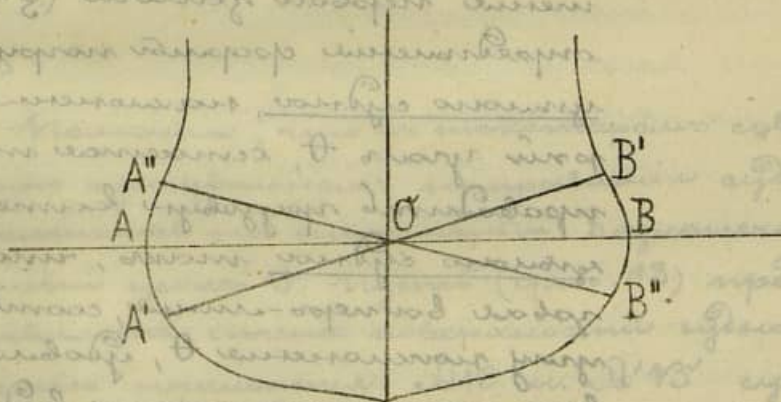
Нужно заметить, что части
отвода AA' и BB' могут быть
совершенно произвольны, так как
характер наклонения на проводу

и потому σ не зависит от μ и не зависит; при этом
 величина σ не зависит от μ и не зависит.

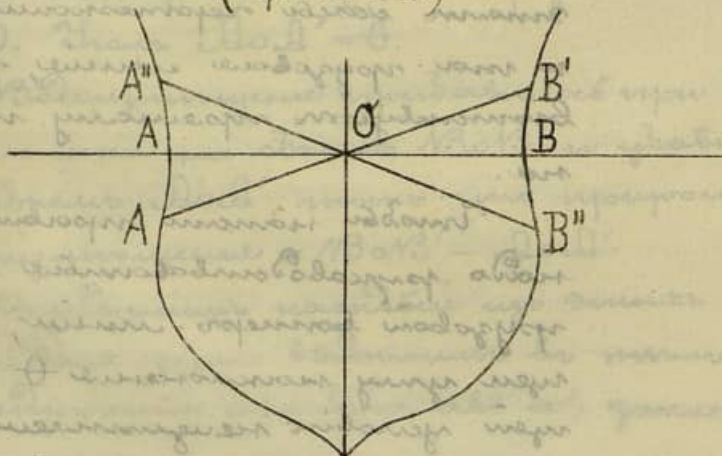
(Фиг. 10.)



(Фиг. 11.)



(Фиг. 12.)



Записки по Матр. Издательство.
 Московского Императорского Университета.

Матр. 3.

Иван Иванович Кавказский.

соден относительно грузовой ДВ, тогда и при наклонении на левую сторону кривая этого наклонения обращается в точку совпадающую с серединой θ естественной грузовой.

Чтобы сформировать подводной части какого-нибудь состояние судна, при наклонении на некоторый угол и при условии неизменяемости водоизмещения всегда определяются, если дано опертание самого состояния, контр. интонация и если мы проведем левую грузовую линию по правилу, изложенному в предыдущих параграфах. Две окончательные положения первой годины (§ 14) т. е. две определения формы погруженной части судна, наклоненного на некоторый угол θ , остается только изобразить, проводя грузовую ватерс-линию для судна тогда, тогда левая грузовая ватерс-линия, соответствующая углу наклона θ , удовлетворяет условию неизменяемости водоизмещения.

Если судно разбито, то другие очертания судна должны быть при этом даны чертением, равно как и та грузовая линия, которая соответствует прямому положению судна.

Тогда можно провести контуровую левую руководящую при проведении грузовой ватерс-линии, соответствующей углу наклона θ и удовлетворяющей условию неизменяемости водоизмещения.

чение, надо предварительно принять след-
зоду

Общее выражение § 25. Найти общее выражение для

для переломки переломки водонитящего сина при на-
водонитящего переломки его по какому-либо направле-
сина при на- нии на безконечно-малый угол.

переломки его на

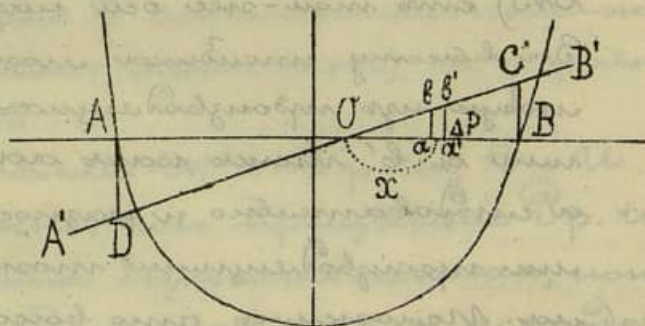
безконечно-малый

угол. Которое

поверхности уно-

на сина.

(Фиг. 13).



Положим, что в некотором совер-
шенно произвольном направлении сина
наклонилось на некоторый безконечно-
малый угол θ . Пусть (фиг. 13) пред-
ставим себе сечение поверхности сина по
направлению наклонения. AB и $A'B'$ суть
сина на этой плоскости старой и
новой грузавых контур-линий, пересече-
ние которых проектируется в точку
О. Угол $AOA' = \theta$.

Водонитящее придалось при этом
наклонении на дугу BOB' и удалилось
на дугу DOA' , так что произведение
водонитящего = $BOB' - DOA'$.

Определим каждый из этих дуге-
нов. Для этого рассмотрим в точке BO
цилиндрический сина $ab'a'$, закончен

ный между грузовой линией АВ и А'В', основание которого аа' есть безконечно-малый элемент ΔP площади АВ, которую назовем дугою Р. Изменение элемента ΔP площади Р от оси О назовем через x , а изменение центра тяжести площади Р (или АВ) от той-же оси назовем через r . Вспомогательная масса примет видую из производящих ее, т.е. ось или аа' так как аа' безконечно-мала, а следовательно и разность между этими производящими тоже безконечно мала. Положим, что высота этого стержня, принимае нами, есть ab ; тогда из $\Delta^{\text{ка}}$ ось имеем: $ab = x \operatorname{tg} \theta$. Объем этого стержня равен произведению из его основания на высоту т.е.

$$\text{Объем } ab b' a' = x \operatorname{tg} \theta \Delta P.$$

Итак, что предельно к которому стремится сумма таких элементарных объемов, есть объем ОСВ; если к этому объему прибавим еще объем СВВ', то получим выражение для объема, погружающегося в воду.

Итак, назвав объем СВВ' через U и означив, сумму элементарных объемов буквою Σ , получим:

$$\text{Объем } АВ'В \text{ (погруж. в воду)} = \Sigma \times \operatorname{tg} \theta \Delta P + U.$$

Но знак суммы Σ входит $\operatorname{tg} \theta$, т.е. величина постоянная, и потому можно быть уверенным за знак Σ , следовательно

$$\text{Объем } АВ'В = \operatorname{tg} \theta \Sigma \times \Delta P + U.$$

Выражение $x \Delta P$, или произведение из

безконечно-малая элементарная площадь ΔP на расстоянии dx от оси O есть момент этой площади относительно оси O (*), а $\sum x \Delta P$ есть предел к которому стремится сумма таких моментов элементов площади P ; эта сумма, как известно из механики, равна моменту площади P относительно той-же оси O . (теорема моментов), т. е. равна $P \cdot p$, где p — центр.

$$OB' B = P p \sin \theta + U. \quad (1)$$

Значит, что произведение $P p \sin \theta$ есть величина безконечно-малая, потому что $L \theta$ безконечно мало, а $\sin \theta$ и $\sin \theta$ безконечно мало. Что касается слагаемого U , то его можно отбросить, потому что оно представляется величиной безконечно-малого второго порядка, т. е. может быть выражено произведением двух безконечно-малых величин первого порядка. Но самым простым, при этом $\Delta CB' B$ за предположительный

(2)... $OB' B = OB \sin \theta \dots$ безконечно-малая 1^{го} порядка.

(*) Событием элементарная площадь ΔP относительно оси O называется произведение из площади ΔP на расстояние ее центра тяжести; но, принимая во внимание, что площадь ΔP безконечно мала, мы можем предположить, что ее центр тяжести находится на той-же линии x , как и сама площадь ΔP , и потому можем предположить, что выражение $x \cdot \Delta P$ есть момент площади ΔP относительно оси O .

$$\frac{BC}{\sin \angle B'} = \frac{BB'}{\sin \angle C}. \text{ Так как } \sin \angle B'$$

и $\sin \angle C$ суть величины конечные, то пропорция между ними может существовать, когда предвидение чисел в димановах в смысле их порядков, т. е. порядок величины BC равен порядку величины BB' ; но из равенства (2) видно, что BC есть безконечно малое первого порядка, следовательно BB' есть безконечно малое первого порядка.

Далее обозначим U легко получить если вообразим себе, что это есть призма основание которой есть $\triangle BCB'$ а высота равна длине Z судна.

Множество основание, т. е. множество $\triangle BCB' = \frac{1}{2} BC \cdot BB' \sin \angle B$, есть безконечно малое 2^{го} порядка, так как в выражение ее входит произведение BC на BB' , т. е. двух безконечно малых 1^{го} порядка. Из этого следует, что объем $U = \frac{1}{2} Z \cdot BC \cdot BB' \sin \angle BCB'$ есть также безконечно малое 2^{го} порядка. Из дифференциального исчисления известно, что когда имеют предельные члены безконечно малых величин, между которыми есть безконечно малое первого порядка и безконечно малое второго порядка, то последним можно пренебречь, при чем никакой погрешности в предельное значение члены не введет. На этом основании

можем написать вращающее уравнение (1), следовательно уравнение,

$$(3) \text{ Объем } OAB'B = P_p \tan \theta.$$

Можно также-же образом написать объем AOB' выходящий из воды:

$$(4) \text{ Объем } AOB' = Q_q \tan \theta + V.$$

Но через Q означен площадь OA старой пучковой, а через q означен центр тяжести этой площади от оси O . Через V означен объем AOB' , который можно представить как деформацию малого второго порядка, следовательно уравнение (4) можем написать уравнение (5). Объем $AOB' = Q_q \tan \theta$.

И так, приращение вращающего момента выразится разностью.

$$(6) \text{ Объем } OAB'B - \text{Объем } AOB' = P_p \tan \theta - Q_q \tan \theta = (P_p - Q_q) \tan \theta.$$

Сумма-же P_p и Q_q моментальным, а q отращивающим получим:

$$(7) \dots \text{ Приращение объема } = P_p + Q_q \tan \theta.$$

Но выражение $P_p + Q_q$ есть алгебраическая сумма моментов двух частей старой площади пучковой ватер-линии AB ; следовательно через S всю площадь пучковой AB , а через s означен ее центр тяжести от оси O , и пользуясь теоремой моментов получим:

$$(8) \dots P_p + Q_q = Ss.$$

Приращение-же вращающего момента через $S.s. \tan \theta$.

Начав отсюда, что вычисление суд

и т. д., пока наконец не дойдем до той призвой, которая соответствующую покатение α . На чертёж эта призвая отнесена подводного часть сфера соответствующую углу покатения α , а потому здану можно считать ровным.

Намечается по-
верхность из-
лого сфера.

§ 26. Проводим посподобительные призвые подо лобный углом покатения α друг к другу и так, чтобы каждая посподобительная прошла через центр тяжести представляющей, или посподобительной поверхности, ограниченной плоскостями этих же призвой ватер-линий, которые пересекаются по прямой, проходящей через центры их тяжести. Прямые пересечения суть ребра, а части призвой, ограниченные этими ребрами суть грани разнотравной поверхности. Именитые углом покатения α посподобительные призвой друг к другу, или что тоже, симметричные ребра этой поверхности и переходят к прямой, или посподобительной поверхности, касательной ко всем призвой ватер-линиям. Линейчатого это называется потому, что симметричные ребра каждой-линейчатой грани или именитые ширину этой грани и в предмете образуют ее в прямую линию, которая и представляет нам производную нашей поверхности. Поверхность-же произведенная движением прямой линии называется линейчатой.

Литовск Монахъ Каштанъ Абрамъ.

Очевидно, что всякая грузовая линия касается этой поверхности по прямой её производящей, так как в переходах к предельной части грузовой дуги прямо поверхности, а затем в предельной точке обратившись в производящую, остающуюся в плоскости той-же грузовой.

Можно как всякую производящую такой поверхности есть ось, проходящую через центр тяжести соответствующей грузовой линии, то, вращаясь относительно безконечно-малой дуги θ около этой оси, или таким образом придать ему наклонение θ , при этом возмущение его неизменяется. И тогда каждая из производящих такой поверхности может быть принята за ось, около которой судно вращается на безконечно-малой дуге, или, что все равно, в течение безконечно малого промежутка времени, не изменяя своего возмущения. Ось около которой тельно вращается или в течение безконечно-малого промежутка времени, или как бы говорить, одно мгновение, — называется мгновенной осью вращения. Из всего сказанного можно сделать вывод: явление наклонения судна, возникающее в поведении темных поворотов около мгновенных осей на безконечно-малой дуге, может быть воспроизведено, если рассмотреть мгновенную поверхность, возмущение сего неразрывно связанного с судном и покоящегося по горизонту.

всѣхъ.

Великій французскій Modelay называетъ эту поверхность катящуюся поверхность сѣдла, а французскій инженеръ Дюрисъ, впервые описавшій эту поверхность, называетъ ее поверхностью призвѣсивъ съ-теній. Первое изъ этихъ названій указываетъ на главное свойство этой поверхности, а второе указываетъ на ее происхождение.

Видъ этой поверхности весьма сложенъ, когда процессъ наклоненія совершается въ перемѣняющемся направленіи, но если мы будемъ разсматривать наклоненіе сѣдла постоянно въ одно и то же направленіи (напримѣръ доковые наклоненіе), то получимъ не какую-нибудь сложную поверхность, а цилиндрическую, производящую которой будутъ перпендикуляры къ плоскости наклоненія сѣдла (къ горизонтальной при доковомъ наклоненіи, къ диаметральной плоскости при наклоненіи продолговатомъ, или къ затоксану и т. под.)

Сечение этой цилиндрической поверхности, плоскостью наклоненія сѣдла даетъ некоторую кривую линию, которую называютъ кривото наклоненія сѣдла (не сечение сѣдла, а просто "сѣдло") въ данномъ направленіи.

Сравнивая катящуюся поверхность сѣдла съ кривото наклоненія сѣдла (см. § 23) мы найдемъ явную существенную разницу въ ихъ свой-

во воду не будет равен оному введен-
ному из воды. Но самое длин-
ное расстояние центра тяжести в корабле
находится в зависимости от рас-
пределения всех находящихся на
нем грузов, при чем распределение
это может быть весьма различно,
и следовательно и сам центр тя-
жести судна, только судно мо-
жет походить по той или иной
оси его, около которой вращение
судна не сопровождается изгибанием
его водонизгижением.

И такое действительное наклонение
судна непременно сопровождается из-
гибанием его водонизгижением, т. е. его
увеличением или уменьшением. Но как
только одно из этих изгибов по-
следовало, сейчас же является изгиб,
или недостаток давления воды,
которая заставляет корабль возвра-
титься к своему водонизгижению
и при этом у корабля, как у маят-
ника, получается скорость вверх или
вниз, и он по инерции переходит че-
рез то положение, которое соответ-
ствует параллельному водонизгижению.
Вследствие этого переход через по-
ложение равновесия, водонизгижение
должно изгибаться в обратную
сторону с прежним и таким
образом судно, по мере своего на-
клонения, должно совершать ряд
необходимых вертикальных колеба-

ний, которые вызываются трением воды о подводную часть, а также ветодствие микроскопической воды и ее сопротивлений. Должны быстро осваиваться пока продолжается наклонение на ту-же сторону, так же как и ка-кая-нибудь маляшка; но только го-раздо чувствительнее и быстрее.

Так как мы предполагаем, что наклонение судна происходит вследствие двоякого кренения: только сию, не дающую верти-кальных смещений, т. е. предпо-лагаем, что ось судна во время процесса наклонения не движется, то понятно, что по достижении судном того предельного наклоне-ния, при котором уравновешива-ются кренение и возмощивание, сию, водозмещение его должно воз-вратиться к первоначальному свое-му значению. Вот почему вопрос о наклонении судна принимается неизменяемостью величины его водо-измещения.

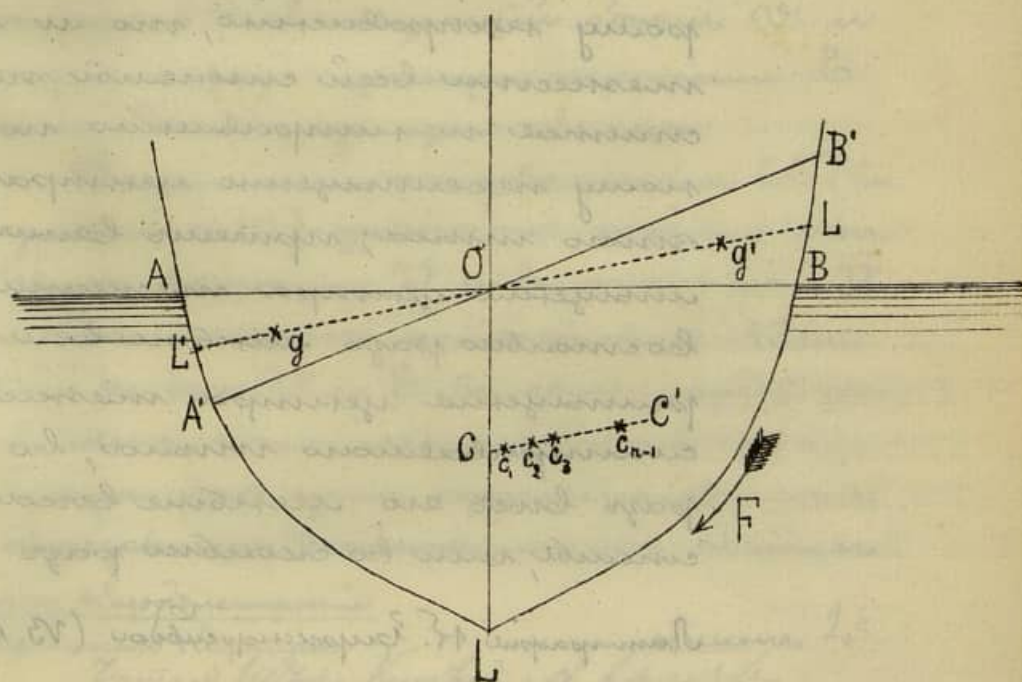
Общее выра-
жение для
перемены
центра ве-
сн.

Из всего предыдущего заключаем, что форма подводной части судна во время наклонения на правую на-правленную сторону движется толь-ко от одной причины, а именно от того, что некоторое поле под-водного объема со своей стороны, выходя из воды, замещено рав-ного поля подводной части вету-

твений во воду; следовательно центр
фигуры подводного объема (центр
величин) должен перенестись
точно также, как перемещает-
ся центр тяжести какой угодно
системы от перенесения одной из
ее частей из прежнего места в
новое.

В положении сиром эта система
есть подводный объем судна, центр
тяжести есть центр величин, а
переносимая часть системы вы-
ражается в количестве объема вы-
ходящего из воды и в равном
ему количестве объема втекаю-
щего во воду; такое напр. изст.
(фиг. 14) изображает погруженную

(фиг. 14)



часть судна, иные АВ могут быть
 грузовой баггер - иные в прямом по-
 ложении судна, а $A'B'$ - также ба-
 ггер - иные, в том же судне, когда
 судно находится по направлению
 указанному стрелкой δ . Образу
 вводимый из воды представляется
 на этом чертеже треугольником
 AOA' , а образу вводимый в воду -
 треугольником BOB' . Можем
 образовать можем рассмотреть,
 что образу AOA' перенесем вправо
 и заменим место BOB' . Можем,
 если естественное место центра
 тяжести, соответствующее пре-
 мому положению корабля нахо-
 дится в C , то новое место бу-
 дет в некоторой точке C' , по-
 ложение которой определится на
 основании следующего теоремы
 механики: если систему точек и одно из этих
 точек переместится по некото-
 рому направлению, то и центр
 тяжести всей системы перемес-
 тится по направлению параллель-
 ному перемещению центра тяжести
 этой точки; причем величина пере-
 мещения центра тяжести системы
 во сколько раз меньше величины пе-
 ремещения центра тяжести раз-
 ссматриваемой точки, во сколько
 раз весь ее вес больше веса всей си-
 стемы, или во сколько раз образу

Литература 1. В. Д. Д. (В. Д. Д. № 1).

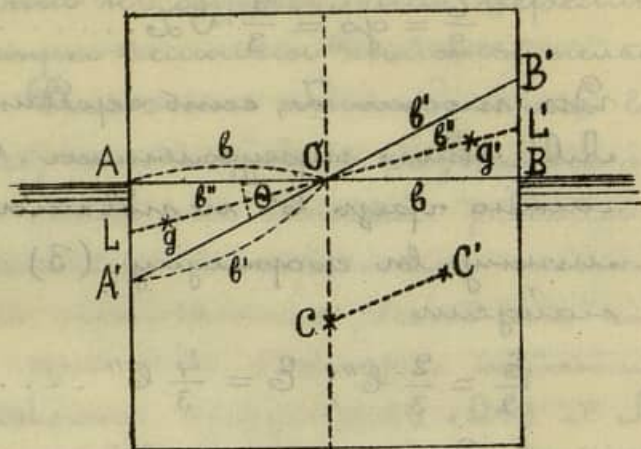
судна, а при том же при наклоне-
нии; только от образования двукриво-
линейных обводов. Максимым образом ока-
зывается, что величина перемеще-
ния центра тяжести судна ни-
сколько не зависит от образования
тех частей его, которые во время
покачивания по дачный угол ос-
таются постоянно под водою, или
постоянно над водою, и зависит
единственно только от двукриво-
линейных обводов судна.

Непосредственное определение
объема V и линии E в кораблях
существующих конструкций чрез-
вычайно затруднительно, так
как обводы судна не могут
быть выражены уравнениями,
что впрочем уже было упоми-
нуто выше. Поэтому приходится
прибегнуть к простейшей
форме судна, для которой вы-
числение объема V и линии E
не представляет никаких за-
труднений, а затем при по-
мощи этой простейшей фор-
мы перейти к более сложной,
соответствующей действитель-
ности.

Простейший вид § 28. У такой величины
формулы пере- объема V и линии E в том
мещении цент- судна, если бы наклонное
ра величины, судно имело форму цилиндра.
подраздела- (фиг. 15). Если что объем V

приведенная
наклоненная
сущка.

(Фиг. 15.)



представляемое в этом случае
призмы, основание которой есть
длина из треугольников подобных
 $B'O'B$ или DOA' , а высота равна
длине сущкообразного сдвоя. Объем
такой призмы равен произведению
из площади основания напр. DOA' ,
на длину сущка. Обозначь чрез
 a длину сущка, чрез b , полу-
ширину до естественной грузо-
вой, чрез b' полуширину $A'O$ по
новой грузовой и чрез θ угол между
этими грузовыми, или, что то же
самое, угол наклонения сущка,
найдем: площадь $DOA' = \frac{1}{2} b b' \sin \theta$
и действительный объем будет
 $V = \frac{1}{2} a b b' \sin \theta \dots (2)$. Теперь, чтобы
найти перемены центра веши-
мости, основанное в формулу (1)
найти длину E . Полагая этой
длины в рассматриваемой сущке,

Для g есть центр тяжести треугольника ABC , т. е.

$$\frac{g}{2} = g_0 = \frac{2}{3} OL \dots \dots (3).$$

Для точки L , есть середина основания AB этого треугольника. Умножив эту величину g_0 на подставив эту величину в формулу (3) вместо OL , найдем

$$\frac{g}{2} = \frac{2}{3} l''; \quad g = \frac{4}{3} l'' \dots \dots (4).$$

Подставив найденные для g и E выражение [см. формулы (2) и (4)] в формулу (1), найдем:

Перемещение центра тяжести =

$$CC_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{ab l''}{V} \sin \theta \dots \dots (5).$$

Итак, мы видим, что, когда судно имеет форму клина, перемещение его центра тяжести выражается величиной просто по формуле (5), где все стоит только на известном термине клина (на корабле) провести рядовую линию под углом θ , изобразить: поперечную естественной грузовой $\dots \dots b$, поперечную двойную грузовой $\dots \dots b'$, поперечную грузовую средней между естественной и двойной $\dots \dots b''$, длину клина $\dots \dots l$. Подставив эти значения в формулу (5), получим $\sin \theta$ выражается по известным по данному углу наклонение, а водонизмещение V по об-

ему предпологается даннбильно.
Примечание § 29. Менее уже не трудно не-
предвизуемой перейти к определению перемещенной
сформированной центром величины действительного суд-
на рмения судна на. Для этого стоит только воору-
вопросов о пере-зми, что корабль разбит по дли-
инности зми-ру своей на отчасти редкой вер-
ра величин. тмкнбно-поперечных плоскостей.

Для при этом, что то было
(см. стр. 14), которое ограничено по-
скостью призмы АВ и В'В' и
кривого докового поверхности судна,
разбивается тмкнбно-осе тмкнбностями
на редь отснкова, которые можно
принять за призмы, если только
связные тмкнбности проведенбы до-
стоотною близко одна от дру-
гой.

Можно для проантбы, что
связные тмкнбности проведенбы в
равнбх разбиты на одна от другой;
тогда каждая из таких призм будет
иметь высоту разстояние между тмкн-
бностями, а основание каждой из них бу-
дет отснкнбна от основания предь-
идущей ей призмы разннннми сторонам,
а следовательно и тмкнбнбто, потому
что судно возннбается к носу и корме,
считая от самого широкого (прибли-
зительно среднего) сечения его. Въ предь-
идущих разннннх мбл помнннн;
что при наклонении судна на даннбиль
угол θ , осьмь выходящая из воды, на-
бл переходит из положения до В (стр. 14)

в положение $ВОВ'$ и перемещается при
 этом свой центр тяжести из по-
 зиции $с$ в точку $с'$. Положим теперь,
 что процесс наклонения на данный
 угол θ совершается постепенно, т. е.
 что судно последовательно наклоняет-
 ся по закону - малые углы $d\theta$ и
 до тех пор, пока не достигнет за-
 данного угла наклона θ ; домы-
 слим также, что при каждом
 наклонении судна по закону - ма-
 лый угол $d\theta$, перемещается не весь
 объем, выходящий из воды и соответ-
 ствующий углу $d\theta$, но одна из призм,
 полученных нами при разложении суд-
 на вертикально наперпендикулярные плоско-
 сти и соответствующий углу
 наклонения θ ; при наклонении судна
 на соответствующий угол $d\theta$, или вообще
 на угол $2d\theta$, перемещается опять
одна только (соответствующая) призма
 и т. д. пока судно не достигнет за-
 данного угла наклона θ , при чем
 в этот момент все призмы ока-
 зываются перемещенными из положения
 $ВОВ'$ в положение $ВОВ'$. Ясно, что
 при перемещении одной из разла-
 гиваемых призм, центр тяжести
 судна переместится не на всю
 длину своего перемещения а только
 на часть его $Сс_1$, (фиг. 14) при пе-
 ремещении соответствующей призмы, это пе-
 редвижение по величине $С, С_2$ и т. д.
 и наконец, если вся призма $ЗБВ$ и,

то при перемещении последней, она передвинется на величину $c_{n-1}C'$; сумма этих перемещений составит полное перемещение CC' , т. е.

$$Cc_1 + c_1c_2 + c_2c_3 + \dots + c_{n-1}C' = CC' \dots (6).$$

Каждое из частных перемещений $Cc_1, c_1c_2, \dots, c_{n-1}C'$ центра величины мы теперь право вывести по формуле (5), такое как мы предположили, что вертикально-поперечные плоскости проведены столь близко, что каждый из действующих стержней может быть принят, как и в случае, за пружину; кроме того, заметим, (§ 27), что на величину перемещения центра величины влияют только действующие отбоды судна, независимо от подбодных, и что при каждом разсматриваемом нами частном перемещении форма действующего стержня (как это сейчас было упомянуто) принята такая же как и в случае, мы получаем новое подтверждение возможности применения формулы (5) со всею строгостию.

Различные помутки b, b', b'' , соответствующие пересечениям трех полученных ватер-линий $AB, A'B'$ и ZZ' судна с проведенными вертикально поперечными стержнями плоскостями, знаками поставленными внизу этих букв, получим на основании формулы (5) ряд следующих равенств:

практически проводимое. Золотые
двигатели в полевых условиях судна
 и двигатели в корабельной (м. е. всего
 двадцать)

Данный же корабельный стержень вер-
 тикально-поперечного тросового, м. е.
 на корабельном тросовом, надо ввести
 в его естественную поперечную,
 поперечную поперечную в' и на-
 кожную поперечную в'', представляю-
 щую собой тросовую среднюю меж-
 ду в и в', подставляя найденные
 числа в формулу (8) и величину
 CO' определяются.

Но, конечно, заметим, что та-
 кое формула (8) может быть
 употреблена и для решения того-
 же вопроса в случае продолжения
 наклонений корабля, но только для
 в' и в'' будут тогда представлять
 собой продолжение разности углов
 при каждом движении, а дуга a
 разделение между движением, м. е.
 между вертикально-продолжением
 тросовыми, перемещением ко-
 рабля.

Указанный выше способ вычисле-
 ния формулы (8) требует доста-
 то много, так как при каждом
 новом наклонении корабля надо про-
 водить всякий раз новые вычисления,
 и при этом не только относительно
 $\sin \theta$, но также и образом отно-
 сительно тросов, занимаемого в со-
 боре.

Иван Иванович Абрам.

ках, а именно: приходится для каж-
дого угла наклона дна и вновь
одиторы всех степеней судна и вновь
перевычисления всех члены масштаба.

Случай малых § 30. При небольшом угле
наклона не (не превышающего 15°)
превышающего вчисление переизчисления CC' центра
 15° величины значительно уменьшается,

потому что в этом случае можно
без боязни погрешности пренебречь раз-
ницей между полуширинами b, b', b'' .
Действительно, чем меньше угол
наклона судна, тем меньше
разница между этими величина-
ми, при чем этому углу накло-
на θ тем труднее быть сим-
метричным, потому что, при-
чем даже $\theta = 30^\circ$, мы не найдем
существенной разницы между ду-
гою и ее $\sin$ или даже $\tan$, ибо
популярная величина угла в 30°
есть:

$$\frac{30}{180} \cdot \pi = \frac{1}{6} \pi = \frac{3,142}{6} = 0,525,$$

что очень мало отличается от $\sin$.
 30° , который равен 0,5. Определим
же $\tan 30^\circ$ таким:

$$\tan 30^\circ = \frac{\sin 30^\circ}{\cos 30^\circ}$$

$$\tan^2 30^\circ = \frac{\sin^2 30^\circ}{1 - \sin^2 30^\circ} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{4}} = \frac{1}{3}.$$

$$\tan 30^\circ = \sqrt{0,333\dots} = 0,57.$$

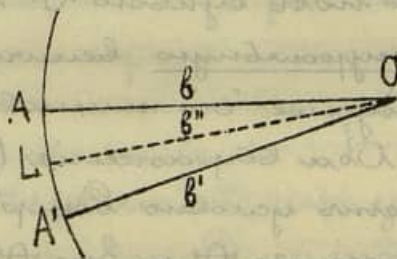
Следовательно при углах наклона

ние меньшее 15° , разность между $\sin$, $\tan$ и самим дугою будет совершенно ничтожна для расчета о наклонении корабля; во самом деле: Дуга в $15^\circ = 0,262$; $\sin 15^\circ = 0,255$ и $\tan 15^\circ = 0,263$.

Упомянутое, на нашем чертеже {фиг. 14} обозначено Ad' , мы имеем право признать совпадающим с дугою круга, отсчитанную центром O {фиг. 16} и радиусом равным b , т.е. имеем право признать, что: $b = b' = b''$.

Введем-же это равенство во выражение (8), тогда получим:

{фиг. 16.}



$$\text{Перемещ. центра тяжести} = CO' = \frac{2}{3} a \frac{(b_1^3 + b_2^3 + b_3^3 + \dots + b_n^3)}{\sqrt{\dots}} \sin \theta \dots (9)$$

Нужно будет доказать, что произведение

$$\frac{2}{3} \cdot a (b_1^3 + b_2^3 + b_3^3 + \dots + b_n^3).$$

есть равно мое как момент инерции площади грузовой относительно оси перпендикулярной к линиям $b_1, b_2, b_3, \dots$ т.е. относительно продольной оси во

сигнал, в котором содержится, и относи-
тельно перпендикулярной оси, в котором про-
должено направление.

Означимые же вращение через $\dot{\theta}$ этого
момента инерции площади грузовой,
тогда из последнего выражение по-
лучим:

15° Перемещ. центра величины $CC' = \frac{\dot{\theta}}{\sqrt{g}} \sin \theta \dots (10)$

Это и есть искомое характеристическое
выражение для перемещения центра
величины, при небольших углах на-
клона корабля, т. е. при небольших
углах θ ; из предыдущего видно так-
же, что формулу (10) мы можем
просто дать еще и следующий про-
стой вид:

Перемещ. центра величины $= CC' = \frac{\dot{\theta}}{\sqrt{g}} \theta \dots (11)$

Вместо буквы θ надо понимать
натуральный величину угла, но не
градусное его измерение.

Оба выражения (10) и (11) удовлетво-
ряют условию однородности, так как
коэффициент θ и $\sin \theta$ суть числа отне-
сенные и следовательно не оказывают
влияния на степень измещения фор-
мулы; относительно же знамена-

(C) - this - теля $\sqrt{g}$ мы знаем, что оно всегда
о трех измещениях; что же ка-
сается числителя $\dot{\theta}$, то он пред-
ставляет величину о четырех измеще-
ниях, потому что под момен-
том инерции $\dot{\theta}$ надо подразумевать
силу момента инерции безотно-
сительно частицу площади грузовой,

на которые это посылание разди-
вается для определения момента
ее инерции. Моменты-же инерции
безразлично-малой площади выра-
жаются произведением из этой без-
различно-малой площади, т. е. ве-
личины в двух изгибных, на
против ее разделение до осей
инерции, следовательно также в
двух изгибных; следовательно это
то самый момент инерции, какой
предполагается собою суммой ко-
личества четвертого изгибания, и
сам есть количество четвертого
изгибания, и поэтому второе уравнение (10) и (11) всегда представ-
ляют собою количество первого
изгибания, т. е. предполагают
собою то количество линии, как оно
и представляет собой первый член
этих уравнений.

§ 31. Из полученных уравнений (10)
и (11) видно, что для того-же самого
судна; т. е. при тех-же численных
значениях количества $\bar{U}$ и $\bar{I}$, пере-
мещение центра тяжести происхо-
дит прямо пропорционально углу
наклона (или из $\sin$ или $\tan$),
но это справедливо, разумно,
при небольших углах θ . Можно
также в том-же самом ко-
эффициенте продолбить переименование
центра тяжести должно быть
порядо больше поперечности, пред-

положение, что угол продольного накло-
нения корабля тот же что и до-
кового; это происходит от того,
что количество $\bar{J}$ при продольных
наклонах, т. е. моменты инер-
ции относительно поперечной оси,
около которой при продольном
наклонах судна вращается его
грузовое, больше момента инерции
при доковых наклонах (см. статью
"О моментах инерции толкади гру-
зовою").

Если же мы будем сравнивать
два различные корабля одинакового
водоизмещения $\bar{V}$ и при одинако-
вом углу наклона θ , то фор-
мулы (10) и (11) показывают, что
в том из этих кораблей центр
вещности переместится больше,
у которого грузовое оборудование
больше моментом инерции $\bar{J}$,
т. е. у того корабля, который об-
ладает большим шириною (для
доковых наклонов) и большим
длиною (для продольных на-
клонов).

Вся эти сравнение существен-
но важны при изыскании устой-
чивости корабля, потому что в
центр вещности, как уже было
упомянуто, сосредоточены поддер-
живающая сила воды, стремя-
щаяся возвратить наклонный
корабль в прежнее положение, при

тем, что больше центра тяжести перемещать надо внутрь, тем меньше опасности опрокинуться.

О моменте инерции площади
грузовой. Момент инерции площади
отрезка параболы уравнение коей
есть $y^2 = 2px$.

Определение § 32. Моментом инерции ка-
момента инерции кой-нибудь геометрической или ме-
ханической, всякой малой вели-
чины относительно данной оси на-
зывается произведение из этой
всёю малой величины, или та-
кже, на квадрат ее расстоя-
ния до рассматриваемой оси,
называемой осью инерции.

Чтобы получить моменты инерции любой величины, напр.; любого тела, любой массы, любого объема, или любой поверхности, или же наконец любой линии, — надо взять сумму моментов инерции всех составных частей.

Очевидно, что момент инерции любого тела никогда не может быть равным нулю, или отрицательной величиной, ибо-бы ни проходила ось инерции; это прямо следует из того, что момент инерции каждой отдельной

вращающейся системы восстанавливается из
- дана произведение двух, всегда положительных
- величин, а именно величина
- массы и квадрата ее разсто-

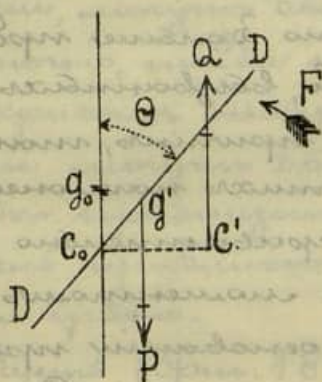
яния до оси инерции. А инер-
ционный момент Марко в данном случае момент
инерции может быть равен нулю,
а именно, когда определяется мо-
мент инерции линии, при чем она
самая-же беретась из ос инерции,
что имеет определение момента
инерции само собою очевидно.

Далее эти определения, заим-
- стованные, что момент инерции есть
- понятие, вводимое механикою при
- рассмотрении вращательного дви-
- жения твердого тела около оси,
как это впрочем и будет в бес-
- счетном числе случаев.

Вопросом о наклонении судна
- относительно остойчивости корабля или же
- его качкости, является другое зна-
- чимое понятие момента инерции площади гру-
- зовой относительно продольной или
- поперечной ее оси, влиять ли уже
- видны, что также должно быть по-
- ставлен момент инерции, только
- относительно переносимого центра
- тяжести судна при том-же условии
- о наклонении; а также как в этой
- задаче момент содействует поддержанию
- курса корабля сила воды, то संबо-
- вательно; итак должно и ее по-
- стоянное расстояние до центра

относительности судна, т. е. только в борной
плоскости ее действия. Это наиболее
8.7.3.3. благоприятное место подвешивается тер-
мометр. В прямом положении в
плоскости P и гидростатическое давление Q
воды действует по направлению
одной и той же прямой, равны и
противоположны; в наклонном по-
ложении одно это силы равны, прямо
противоположны, но действуют не по на-
правлению одной

(Фиг. 17)



и той же прямой,
а по направле-
нию параллель-
ным. Моменты
[Фиг. 17], что в
этом положении
судна моменты
пары возвра-
щают к действию

равную плоскость DD' корабля в пра-
мое положение, будет только в борной,
т. е. только пара $(P, -Q)$ борной, т. е.
т. е. борной C, Z , для C , положение
перемещения уже центра тяжести
корабля из начального его положения C_0 ,
при наклонении на некоторый угол θ .

Моменты также, что в борной момент
инерции корабля, т. е. момент, который
противостоит борным наклонениям,
имеет ширину и поперечную ось
мало, поэтому, составляет значительно мень-
шую величину сравнительно с про-
дольным моментом инерции той-

Вопросы по теории Кораблестроения
Морского Кадетского Корпуса.

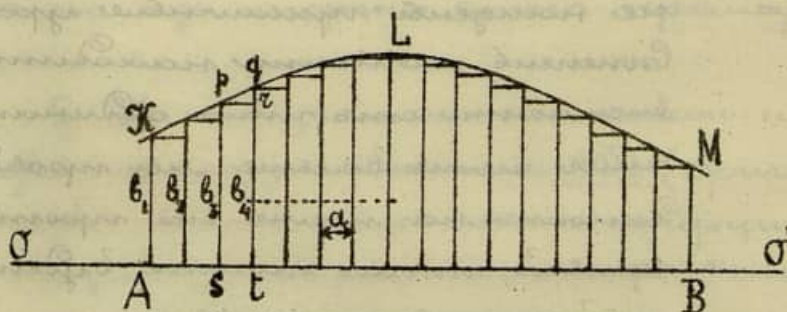
Лист 5.
Иван Ушаков - Копировать. Вручить.

все грузовые батареи - миним, потому что
 у носителя минимальная ширина
 каравана, которая бывает в 4, 5, 6, 7, 8
 и даже иногда 10 раз больше шири-
 ны, да еще возмущается промис-
 лами в квадрате расстояния доста-
 вить гораздо большую величину сравни-
 тельно с законами минимальной
 энергии минимальной грузовой. Минимума
 также объясняется, почему законы
 наклона сдвига, вызванные дей-
 ствием каких-либо причин, всегда
 значительно больше продавливания его
 наклонений, вызванных действием
 тех же причин, так как пер-
 вые из этих наклонений сдвига про-
 тивятся сравнительно весьма не-
 достаточным моментом энергии. На
 этом же основании пренебрежение, неимо-
 женно нарушение сдвига минимума доста-
 точно минимально сравнительно с сосре-
 доточенными паровыми, потому что
 паровая машина издается от необ-
 ходимости, не смотря ни на какую
 погоду, приходится с паровыми и под-
 вергает сдвигу так же наклонениям
 § 33. Так как грузовые батареи
 имеют много минимума весьма разно-
 образные формы, то вопрос о нахожде-
 нии их моментов энергии, при-
 водится к более общему вопросу о
 нахождении моментов энергии ка-
 ких угодно кривых, относительно
 какой-либо оси.

Докажем, что всевозможные кривые, какие только можно себе представить, могут быть разделены на две категории. В первой отнесем те, которые могут быть выражены аналитическими уравнениями, а во второй те, которые не поддаются анализу, т. е. не выражаются уравнениями.

Моменты инерции кривых, выражаемых аналитическими уравнениями, могут быть определены точно, тогда как моменты инерции кривых невыражаемых уравнениями могут быть определены только приблизительно, при чем степень приближения может быть какою угодно.

Один пример нахождение моментов инерции по отношению к оси Пусть (срн. 18) дана плоская кривая KLM (напр. грузовая вагонная линия) и пусть OO есть ось, (напр. продольная ось корабля) (срн. 18).



ось корабля, относительно которой требуется определить моменты инерции

многоугольнику $AKMB$, ограниченной кривой KLM , двумя произвольно заданными ординатами AK и MB и осью абсцисс OO' .

Раздано многоугольнику этой кривой KLM равноотстоящими ординатами, перпендикулярными оси абсцисс OO' , и при этом столб друг к другу, чтобы можно было представить триугольниками подобными rsr , сравнительно с моментами инерции этой трапеции rsr , т. е. чтобы эту трапецию можно было представить за триугольником rsr . Во интервалом нечисленно доказывалось, что этот прием совершенно точен, при неограниченно малых расстояниях между ординатами, так что если бы вид кривой KLM был задан своим уравнением, то мы могли бы с совершенной точностью решить задачу. Далеко отсюда следует приходиться решать задачу приближенно, потому что для нас еще не найдены приемные уравнения. Степень точности находится в зависимости от того ординат, при чем тем больше мы проведем ординат на том же промежутке кривой, тем точнее будет окончательный результат. Практика показала, что тем никакой нужды в точности больше нежелательно, которую получим при раздании всей длины

батерья - линии на 10, на 12, на
накануне 20 равных частей.

Итак допустим, что группо-
вые Σpqt не отнимаются от группо-
вых Σpqt . Назовем момент
инерции площади этого группо-
вых относительно оси OO' через i .
Тогда момент инерции всей по-
верхности относительно той же оси, если
назовем его через $\dot{I}$, будет:

$$\dot{I} = \Sigma i,$$

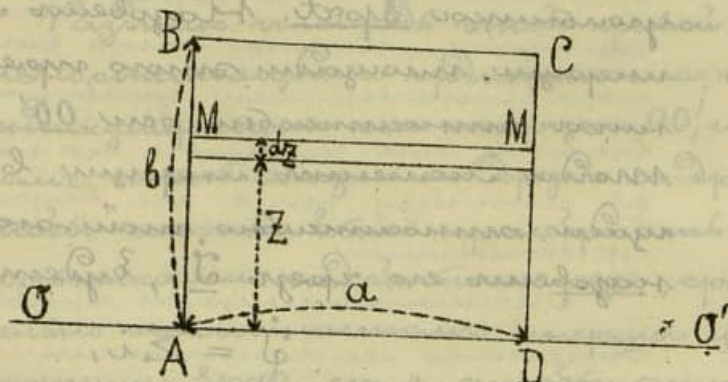
Из первого члена суммы Σi
будет количество i , которое при-
надлежит сего, принадлежащему
к крайней ординате AK , а послед-
ний член в этой сумме соответ-
ствует сего, принадлежащему к дру-
гой крайней ординате VB .

Отсюда следует, что весь вопрос
состоит только в том, чтобы
уметь определить момент инер-
ции (i) площади прямоугольника
относительно оси, совпадающей с
одной из сторон этого прямоуголь-
ника.

§ 34. Возьмем-же какой-ни-
будь прямоугольник $ABCD$ (рис. 19).
Удобно найти момент инерции его
площади, найдя сначала этот
момент для узкой узкой
полоски MM , параллельной оси OO'
и удаленной от нее на расстояние
 Z , так что ширина полоски

Идем dz в направлении z , т. е.

(рис. 19).



Означим через a основание данного прямоугольника $ABCD$, тогда элемент безразмерно-узкой полоски идем.

$$adz,$$

моменты-же инерции ее относительно осей OO' не определены идем:

$$(a \cdot dz) z^2$$

или, что то же:

$$az^2 dz.$$

Чтобы получить моменты инерции данного прямоугольника относительно суммы безразмерного момента-же инерции, подынтеграл $az^2 dz$, найдем от самой оси OO' т. е.

от $z=0$ и до $z=b$ и введем число, которое соответствующим образом стороны BC прямоугольника, т. е. $z=b$, для $z=b$ названа OO' была AB прямоугольника, или что то же, величина узкой ординаты AB ; тогда суммирование

безусловно-законно наша функция — минимальная функция, производимая по правилу интегрального исчисления, по которому в данном случае надо поступить так: должно взять неопределенный интеграл от количества $ax^2 dx$ подставить в найденную функцию от x сначала верхний предел $x=b$, потом нижний $x=0$ из первого результата вычесть второй.

И тогда искомым моментом инерции i площади прямоугольника $ABCD$ будем:

$$i = \int_{x=0}^{x=b} ax^2 dx.$$

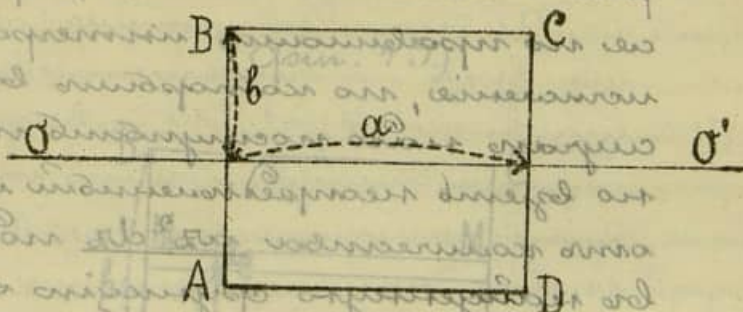
Заметим, что количество a при всех возможных x есть постоянная величина и следовательно можно быть вынесено за знак интеграла, получим:

$$i = a \int_{x=0}^{x=b} x^2 dx = a \left[\frac{1}{3} x^3 \right]_{x=0}^{x=b} =$$

$$= \frac{1}{3} a (b^3 - 0) = \frac{1}{3} ab^3 \dots \dots (1),$$

что и представляет момент инерции какого-бы то ни было прямоугольника относительно оси, совпадающей с одной из сторон его.

(Фиг. 20).



Момент инерции Если бы мы хотели получить интегральным момент инерции прямоугольника ABCD (Фиг. 20) относительно оси OO', которая идет не по краю оси, дименций прямоугольника, но параллельно двум параллельно-основаниям AD и BC и при равных сторонах тогда посредством метода линии, показано. т. е. длины сторон AB и CD показано, то нужно было бы предварительно найти моменты инерции относительно этой оси для каждой половины прямоугольника отдельно и возять их сумму. Различно по прямому через a и b длины и высоты каждого из этих прямоугольников, мы найдем для того и другого одинаковые выражения (1) и потому искомый момент инерции прямоугольника будет:

$$\frac{2}{3} ab^3 \dots \dots \dots (2).$$

относительно средней оси его, т. е. этот момент инерции равен

Литература 4. Записки (В. О. 8 л. № 1).

Влияние температуры на сопротивление
 (8) устройства вала оси инерции, влияю-
щего на кривокопирование.

Дано нами показывается какое
 производное влияние имеет криво-
 копирование каждого отрезка грузо-
 вой ватер-линии: в том
 месте, где кривокопирование грузо-
 вой ватер-линии вдвое больше,
 (8) момент инерции соответствую-
 щего отрезка позадн грузовой
 виден в 8 раз больше. Отсюда

следует видеть, что момент инерции грузо-
 вой ватер-линии должен быть очень
 мал влиять на величину ее до-

кованого момента инерции и что
 (11) ... преобладающее влияние в сильней-
 шей степени принадлежит сред-

ней части грузовой. Можно обра-
 зом убедиться влияния веса или
 корабля почти никак не увели-
 чивает момента инерции грузо-
 вой и, напротив, судно, у кото-
 (9) рого средняя грузовая, хотя не мно-
 гий, больше сравнительно с дру-
 гим судном, будет обладать зна-
 чительно большим моментом инер-
 ции и будет гораздо устойчивее.

Менее легко перейти к
 моменту инерции груза грузовой:
 можно только разбить ее равно-
 отстоящими ординатами, воз-
 можно близкими друг к другу;
 тогда развал эти ординаты

Лейбт Шмидтхаузен. *Август*

часть $b_1, b_2, b_3, b_4, \dots$; и т.д. α — общее расстояние между ними, (ср. 18), и, применив ко каждому такому отрезку выражение (1), найдем для момента инерции этой части грузовой, которая лежит по одну сторону от рассматриваемой оси, след. выражение:

$$\frac{1}{3} \alpha (b_1^3 + b_2^3 + b_3^3 + b_4^3 + \dots) \dots \dots (3)$$

Если-бы мы хотели знать доковой момент инерции J этой грузовой, то очевидно нужно было-бы прибавить последнее выражение (3), т. е. к ним-бы

$$J' = \frac{2}{3} \alpha (b_1^3 + b_2^3 + b_3^3 + b_4^3 + \dots) \dots \dots (4),$$

т. е. доковой момент инерции поперечной грузовой всегда равен сумме кубов попарно этой грузовой, или поперечных ее ординат, умноженной на $\frac{2}{3}$ общего расстояния между этими ординатами.

Если-бы мы хотели найти продольный момент инерции поперечной грузовой, т. е. рассматриваемый относительно поперечной оси, то мы-бы вооруже не тем-бы права прибавить выражение (3), потому что тогда $b_1, b_2, b_3, \dots$ были-бы продольными ординатами носовой части вагона-мани, или-же кормовой ее части; но эти ординаты, проведенные от попереч-

ной оси, зависящей во 1^ю) от положения этой оси и во 2^ю) от различных образований носовой и кормовой части ватер-линии. Можно во том-смысле, если поперечная ось с точностью проходит чрез середину длины судна и притом, когда носовое и кормовое образование одинаковы, можно удваивать выражение (3). Но в противном-же случае данно-го выражения по выражению (3) отдельные моменты инерции для носовой и кормовой части ватер-линии и затем взять их сумму.

Из сказанного нами о влиянии среднего погружения грузов на величину ее бокового момента инерции следует, что для пред-зительных соотношений можно всю грузовой принять за прямо-угольник, т.е. допустить, что сред-нее ее положение не ограничивается одним и тем-же, но так как наклонные широкие и тонкие борта являются несколько, то что они всю величину занимают значи-тельную долю по длине судна.

И так, для этих пред-зительных соотношений можно пользоваться весьма простым вы-ражением (2):

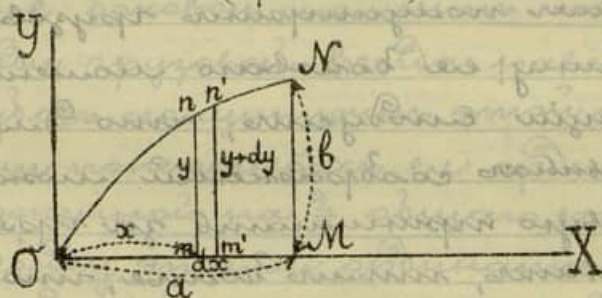
$$\frac{2}{3} ab^3,$$

иди под дугою α надо подразу-
мывать длину всей дуги, а
под дугою β подразумевать ее
полупериметр.

§ 35. Показано, чтобы получить
точное представление о том, како-
бым образом момент инерции то-
постей всех кривых, относится
еще показать вычисление этого мо-
мента для кривых, имеющих
известные уравнения.

Момент инер- Возьмем для примера параболу
ции тмцади отнесенную к перпендикулярной осей
параболы урав- координат, при чем начало коор-
дinate есть дуга взята в ее вершине O .
 $y^2 = 2px$. (Фиг. 21). Уравнение такой параболы как

(Фиг. 21).



известно есть
 $y^2 = 2px$, где
 $2p$ есть по-
стоянная
величина.

Предположим
себя вычислить
момент инер-
ции относи-
тельно оси Ox тмцади отрезка

параболы, заключенной между кривой ON , ординатой $NM = b$ и абсциссой $OM = a$. Возьмем произвольную абсциссу x и соответствующую ей ординату y , дадим абсциссе x приращение dx , тогда и ордината получит приращение dy , т. е. абсцисса $om' = x + dx$ перейдет

будет соответствовать ордината $m'n' = y + dy$. Подобно предыдущему найдем элементарный момент инерции, т. е. момент инерции элемента $mm'n'$ от всей площади OMM . Этот момент инерции равен $\frac{1}{3}$ произведения из основания $mm'n'$ на куб ординаты, т. е. равен $\frac{1}{3} y^3 dx$. Сумма таких моментов инерции во пределах от $x=0$ до $x=a$ и даст искомый момент инерции.

Учтем теперь искомый момент инерции $\dot{I}$ выразимся следующим образом:

$$\dot{I} = \frac{1}{3} \int_{x=0}^{x=a} y^3 dx \dots \dots (5).$$

Вспомогательным кепом, что уравнение (5) есть общее уравнение, выражающее момент инерции всякой кривой относительно оси перпендикулярной ее ординатам. Чтобы взять этот интеграл надо выразить y посредством x , для чего надо знать зависимость между y и x любой точки кривой т. е. надо знать ее уравнение. Если такое уравнение существует, то интеграл можно быть взят, если же нет, то поступают как сказано в предыдущем параграфе. В данном случае мы знаем как y выражается в зависимо-

ситуации x , а именно:

$$y = \sqrt{2px}, \text{ или } y = (2px)^{\frac{1}{2}}$$

откуда $y^3 = (2px)^{\frac{3}{2}}$. Подставляя уравнение (5), получим подстановку вместо y^3 его значения из последнего равенства, обратимся к уравнению (6)

$$J' = \frac{1}{3} \int_{x=0}^{x=a} y^3 dx = \frac{1}{3} \int_{x=0}^{x=a} (2px)^{\frac{3}{2}} dx; \dots (6) \text{ или}$$

$$J' = (2p)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{3} \int_{x=0}^{x=a} x^{\frac{3}{2}} dx$$

Взяв этот интеграл по вышеуказанным правилам интегрального исчисления найдем:

$$J' = (2p)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{2}{15} \left(x^{\frac{5}{2}} \right)_{x=0}^{x=a} = (2p)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{2}{15} \cdot a^{\frac{5}{2}} =$$

$$= \frac{2}{15} (2px)^{\frac{3}{2}} \cdot a = \frac{2}{15} \cdot a \cdot 2pa \sqrt{2pa} \dots (7).$$

Но уравнение прямой $y^2 = 2px$ действительно удовлетворяет всякая абсцисса со соответствующей ей ординатой, а следовательно и абсцисса a , для которой это уравнение обращается в тожд.

$b^2 = 2pa$ и $b = \sqrt{2pa}$, так как для абсциссы $= a$ ордината $y = b$.

Возвратимся к этому, и подставим в уравнение (7) вместо $2pa$ количество b^2 , а вместо $\sqrt{2pa}$ ко-

число b , получим:

$$\dot{J} = \frac{2}{15} ab^3 \dots \dots \dots (8).$$

т. е. оказывается что момент инерции отрезка площади параболы, заключенной между соприкасающимися отрезками касательной и хордой, ординатой $MM = b$ и абсциссой $OМ = a$, равен $\frac{2}{15}$ произведение из этой абсциссы a на куб соприкасающейся ей ординаты b .

Для отрезка касательной параболы, касавшейся которой мы только что видели абсциссу a , уравнение (8) обратится в след.

$$\dot{J} = \frac{4}{15} ab^3.$$

О моменте инерции массы по тихой воде особенно важное значение приобретает момент инерции массы корабля относи-

тельно оси проходящей через его центр тяжести. Поэтому считаем необходимым дать более подробное объяснение и развитие этому понятию, не ограничиваясь одним только определением, данным в начале этой статьи. В этой статье обратимся к теоретической механике и на основании простейших ее принципов а также помощью вполне элементарных приемов поставим перед собою необходимость пояснения по интересующему нас предмету.

Свойство из Движение твердого тела по-
механики. 18. Движение обобщенное поступательное и
вращательное, или поступатель-
ное и вращательное движение
(м. е. сложное).

При поступательном движе-
нии частицы твердого тела в
одну и ту же промежуток
времени описывают равные и
параллельные пути, между тем
как при вращательном движении
тела частицы последовательно опи-
сывают концентрические дуги кру-
говым околом которой приемной, на-
зываемой осью вращения. Сложное
движение можно разсматривать
как вращательное околом подвижной
оси.

Примечание При примечательном поступа-
тельном движении телом, или
его можно непосредственно за-
коны движения материальной
точки, достаточно известные
из элементарной механики,
и потому мы остановимся на
них лишь настолько, насколько
это необходимо для перехода к
разсматриванию вращательного
движения.

Пусть дано твердое тело, и
выделим в нем частицы $D_1, D_2,$
 $D_3, \dots$, массы которых назовем
через $m_1, m_2, m_3, \dots$; пусть точ-
ное ускорение во примечательном

Литография К. Вульфенсберга (В. О. 8 л. № 1).

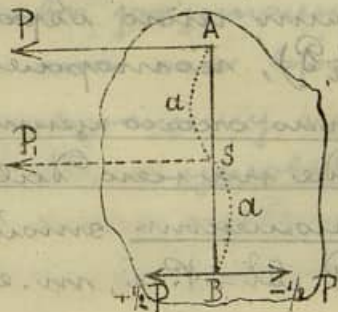
Движение целого растия есть ρ . Но-
 до по основанию закона инерции ра-
 стия $A_1, A_2, A_3 \dots$ противодей-
 ствуют движущим силам силам
инерции $m_1 \rho, m_2 \rho, m_3 \rho, \dots$, и так
 как движение растия тоже просто-
 дит по прямому параллельному
 месту своему, то и противодейств. силы
инерции должны быть параллельны,
 а следовательно равнодействующая
 этих сил будет равна их сумме:

$$m_1 \rho + m_2 \rho + m_3 \rho + \dots = (m_1 + m_2 + m_3 + \dots) \rho = M \rho$$
 где M есть масса всего движущегося тела,
 равная $m_1 + m_2 + m_3 + \dots$; тогда при-
ращение этой силы совпадает с
центром тяжести тела. Отсюда
 следует, что для прямолинейного
постоянного движения твердого
тела, когда масса есть M , или
будет $J = Mg$ (масса упрощ. на уко-
рщение силы тяжести g), противодей-
ство

$$J = M\rho = \frac{d\rho}{dt}$$

продолжение через центр тяжести.

Вспомогательное показание инерции, что когда телу
движение телу применяется сила J в направле-
нии растия, не совпадает с цент-
ром тяжести, как это показано
на рис. (22). Не
трудно видеть,
что в этом
случае телу
получится брау-
тельное движение



Записки по теории Карадистрофии
Морского Капитана Карадистрофа.

Лист 6.

Иван Александрович Карадистроф

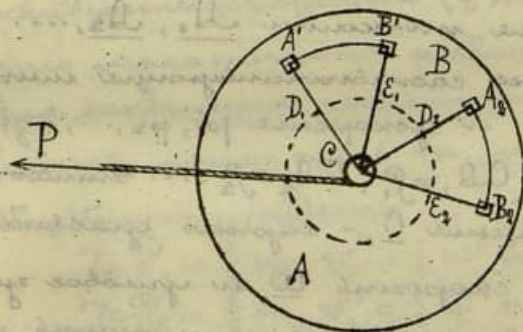
Около т. н. S и кроме того, будет
 двукратное поступательное и притом
 такое, как будто сила, создающая
 поступательное движение, была при-
 ложена непосредственно к центру
 тяжести. Во самом деле: силу
 равнодействующую $SA = a$ из цент-
 ра тяжести S по противоположной си-
 ле и направлению ее по другой сто-
 рону S по длине $SB = SA = a$; ко-
 торую B приложим две взаимно
 уравновешивающиеся силы $+\frac{1}{2}P$ и $-\frac{1}{2}P$;
 параллельные силе P . Сила $+\frac{1}{2}P$ при-
 ложена с одного полюсного силы P ,
 с противоположного в точку A , давая
 равнодействующую

$$P_1 = \frac{1}{2}P + \frac{1}{2}P = P.$$

примененную в центр тяжести
 S тела; сила же $-\frac{1}{2}P$ в совокуп-
 ности с другой половиною силы P ,
 примененной в точку A , образует
 пару сил. И так видно, что
 сила P , примененная в центр
 тяжести тела, разлагается на
 силу $P_1 = P$, примененную к центру
 тяжести тела S , которая эту
 точку, а следовательно и все тело,
 приводит в поступательное дви-
 жение; кроме того образуется пара
 сил $(\frac{1}{2}P, -\frac{1}{2}P)$, которая только вра-
 щает тело около центра тяжести,
 не производя на тело давления. Ста-
 тический момент этой пары сил
 $= \frac{1}{2}P \cdot AB = P \cdot \frac{1}{2}AB = P \cdot a$, т. е. равен ста-

мгновенную скорость точки P , приложенной в точку A относительно центра тяжести S ; смод. происходящее от этого вращение было бы такое самое, какъ если бы центр тяжести был неподвиженъ и P двигалась одна.

Моментъ инерции. § 37. При вращательномъ движении около неподвижной оси C тѣла AB (фиг. 23) всея его точки $A_1, A_2, \dots$ въ равныя промежутки времени совершаютъ



при центръ равныя углы $A_1CB_1 = A_2CB_2 = \dots = \varphi$, которыми при одномъ и томъ же радиусѣ, напр. $CD_1 = CD_2 = \dots =$

единицѣ (1), составляютъ одинъ и также дуга $D_1E_1 = D_2E_2 = \dots = \varphi = \frac{\varphi^\circ}{180} \cdot \pi$.

Угловая скорость вращательнаго движенія точки въ данное мгновеніе, какъ известно, называется предѣльнымъ отношеніемъ безконечно малой дуги $d\varphi$ поворота точки, находящейся въ разстояніи равномъ единицѣ отъ оси вращенія, къ соответствующему промежутку времени dt , а угловымъ ускореніемъ называется предѣльное отношеніе приращенія угловой скорости къ соот-

вращающемся безотносительно к неподвижному времени. Рассмотрим также угловую скорость через ω , а угловое ускорение через χ , найдем:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\chi = \frac{d\omega}{dt}$$

Замечая, что в смеси присутствуют различные массы до сих пор вращение системы масс равносильно единичному (единице длины, единице времени и т. п.), а потому, тогда представим пространства $\delta_1, \delta_2, \dots$ пространствам $\Delta_1, \Delta_2, \dots$ тогда, а также соответствующим им скоростям $v_1, v_2, \dots$ и ускорениям $\rho_1, \rho_2, \dots$, где разности: $\Delta\delta_1 = \rho_1, \Delta\delta_2 = \rho_2, \dots$ смеси тогда до сих пор вращение φ , угловую скорость ω и угловое ускорение χ соответственно помножим на $\rho_1, \rho_2, \dots$, тогда получим:

$$S_1 = \varphi \rho_1, \quad S_2 = \varphi \rho_2 \dots$$

$$v_1 = \omega \rho_1, \quad v_2 = \omega \rho_2 \dots$$

$$\rho_1 = \chi \rho_1, \quad \rho_2 = \chi \rho_2 \dots$$

Если обозначим массу смеси через M , а массы частей через $m_1, m_2, \dots$, то силы инерции будут

$$P_1 = m_1 \rho_1 = m_1 \chi \rho_1$$

$$P_2 = m_2 \rho_2 = m_2 \chi \rho_2$$

$$\dots \dots \dots$$

а моменты смеси относительно осей вращения:

$$P_1 \rho_1 = m_1 \chi \rho_1^2$$

$$P_2 \rho_2 = m_2 \chi \rho_2^2$$

$$\dots \dots \dots$$

плоскости вращения сивы и скорости все-
гда взаимно перпендикулярны, или произведение его при
угловом ускорении χ , будет, согласно
теореме моментов:

$$D_a = D_1 p_1 + D_2 p_2 + \dots = \chi (m_1 p_1^2 + m_2 p_2^2 + \dots) \dots (1)$$

где a есть расстояние равнодействующей

(1) и p от оси вращения.

Вспомнив, что из механики,
что в криволинейном движении ма-

(2) териальной точки, полная работа дви-

жения сивы равно произведению сивы

сивы, или под сивой сивы понимает-

ся половина произведения из массы на

квадрат скорости ($\frac{1}{2} m v^2$), найдем,

что механическая работа, совершаемая

для содвижения частиц $D_1, D_2, \dots$,

(массы точек суть $m_1, m_2, \dots$) скоростей

$v_1, v_2, \dots$, будет

$$L D_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} \omega^2 m_1 p_1^2$$

$$L D_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} \omega^2 m_2 p_2^2$$

Откуда, механическая работа, со-

вершаемая для вращения всего тела

с углового скорости ω , будет

$$L D = L D_1 + L D_2 + \dots = \frac{1}{2} \omega^2 (m_1 p_1^2 + m_2 p_2^2 + m_3 p_3^2 + \dots) \dots (2)$$

Из уравнений (1) и (2) видно, что

момент сивы вращения и ее работа

зависит квадратично от сум-

мы ($m_1 p_1^2 + m_2 p_2^2 + m_3 p_3^2 + \dots$) произведений

из массы частицы на квадрат ее

расстояния до оси вращения. Сумма эта

называется моментом инерции массы

тела (или просто моментом инерции

тела), как это и было упомянуто в опре-

Допустим § 32. Будем обозначать ее через $M\rho^2$ или буквою $\tilde{J}$, тогда моменту симби вращения тела, масса которого есть $M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$, а моменту инерции $\tilde{J} = M\rho^2 = m_1\rho_1^2 + m_2\rho_2^2 + m_3\rho_3^2 + \dots$, при угловом ускорении χ будет:

$$\mathcal{P}a = \chi M\rho^2 = \chi \tilde{J} \dots \dots \dots (1)',$$

а работа симби вращения при угловой скорости вращения ω , будет:

$$\mathcal{L}P = \frac{1}{2} \omega^2 M\rho^2 = \frac{1}{2} \omega^2 \tilde{J} \dots \dots \dots (2)'$$

Отсюда имеем:

$$\chi = \frac{\mathcal{P}a}{\tilde{J}} \dots \dots \dots (3).$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot \mathcal{L}P}{\tilde{J}}} \dots \dots \dots (4)$$

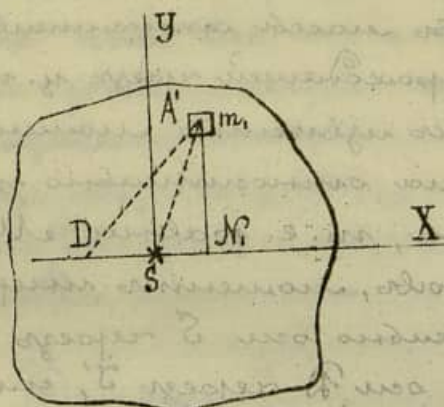
Уравнение (3) имеет важное значение во вопросе о качке корабля на тихой воде, а потому выразим его словами:

Угловое ускорение вращательного движения тела равно отношению статического момента равнодействующей всех сил, действующих на тело, относительно оси вращения, к моменту инерции массы тела относительно той-же оси.

Свойства моментов инерции.

§ 33. Если известны моменты инерции точки или системы точек, относительно оси, проходящей через центр тяжести S тела, то не трудно найти момент инерции относительно всякой другой прямой линии параллельной данной оси. Пусть по сфиг. (24) в точку S

(Фиг. 24).



прорезывающей
оси вращения и
у. м. масса, а
в. D — линии
параллельная
оси S ; назовем
 SD расстоянием
между осью
резова d и про-
ведем в про-
екции DN, A_1

оси координаты SX и SY ; пусть мак-
симальная координата точки A_1 будет
 $SN_1 = x_1$, и $NA_1 = y_1$. Момент инер-
ции элемента A_1 , масса которого
есть m_1 , относительно оси D , будет
равно: $m_1 \cdot A_1 D^2$, а относительно
оси S : $m_1 \cdot A_1 S^2$.

$$\text{Но } A_1 D^2 = DN_1^2 + NA_1^2 = (DS + SN_1)^2 + NA_1^2 =$$

$$= d^2 + 2dx_1 + x_1^2 + y_1^2$$

$$\text{и } A_1 S^2 = x_1^2 + y_1^2, \text{ следовательно}$$

$$m_1 \cdot A_1 D^2 = m_1 (d^2 + 2dx_1 + x_1^2 + y_1^2)$$

$$\text{и } m_1 \cdot A_1 S^2 = m_1 (x_1^2 + y_1^2).$$

Разность между этими момен-
тами будет равна

$$m_1 d^2 + 2m_1 d \cdot x_1$$

Для второго элемента A_2 , массы
 m_2 она будет равна:

$$m_2 d^2 + 2m_2 d x_2$$

Для третьего:

$$m_3 d^2 + 2m_3 d x_3 \text{ и т.д.}$$

а для всех элементов вместе:

$$(m_1 + m_2 + m_3 + \dots) d^2 + 2d(m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots).$$

Сумма $m_1 + m_2 + m_3 + \dots = M$ — масса

всего тела, а $m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots$ есть сумма статических моментов элементов массы относительно плоскости, проходящей через ц. т. S , равная, как известно, моменту массы всего тела относительно той же плоскости, т. е. равная Mx . Поэтому, можно, момент инерции тела относительно оси S через J , а относительно оси D через J' , написать:

$$J' - J = Md^2 + 2d \cdot Mx.$$

Возьмем теперь так же две всеюй плоскости, проходящей через ц. т., сумма статических моментов D и элементов масса с одной стороны таковы же, как и с другой, то $Mx = 0$ и следовательно

$$J' - J = Md^2 \text{ или } J' = J + Md^2, \text{ т. е.}$$

Момент инерции тела относительно какой-нибудь линии равен моменту инерции относительно линии ей параллельной, проходящей через центр тяжести, сложенный со произведением массы тела на квадрат расстояния между этими линиями.

Отсюда видно, что из всех моментов инерции относительно параллельных между собой прямых, наименьший будет тот, который взят относительно линии, проходящей через центр тяжести.

Момент инерции.

§ 39. Положим, что дано одно-

родное тело массы M , т. е. та-
кое что все его масса расположена
на равноудаленно по всему его объему;
назовем массы его элементов че-
рез $m_1, m_2, m_3, \dots$ и расстояние
их до оси инерции через $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots$,
тогда момент инерции всего тела
составит
$$I = m_1 \rho_1^2 + m_2 \rho_2^2 + m_3 \rho_3^2 + \dots$$

Допустим, что масса
данного тела сосредоточена в
одной точке, и тогда по свойству,
что момент инерции сосредото-
ченной в ней массы равен дис-
тантальному моменту инерции
данного тела; расстояние этой
точки до оси инерции называется
радиусом инерции. На основании
сказанного можно написать:

$$I = m_1 \rho_1^2 + m_2 \rho_2^2 + m_3 \rho_3^2 + \dots = M \rho^2$$
, где
 ρ есть радиус инерции; откуда
получим:

$$\rho = \sqrt{\frac{I}{M}}, \text{ т. е.}$$

Радиус инерции тела равен кубич-
ескому корню из отношения
его момента инерции к его массе.

Следует заметить, что суще-
ствует не одна точка, удовле-
творяющая данному условию на рас-
стояние радиуса инерции, но без-
численное множество, распо-
ложенных по окружности круга,
имеющего радиусом — радиус

Литва Младш. Каштані Триві.

инерции. Если в формулу $\dot{J}' = \dot{J} + Md^2$ под-
 ставим $\dot{J} = Mr^2$ и $\dot{J}' = Mr_1^2$, то полу-

чим

$$r_1^2 = r^2 + d^2, \text{ т. е.}$$

квадрат радиуса инерции относительно
любой оси равен квадрату
радиуса инерции относительно оси ее
параллельной и проходящей через
ц. т. тяжести, сложенному с квад-
ратом расстояния между этими
осями.

Данный выводный уже доста-
 точно для установления последующих
 свойств крива.

Правитель центра тяжести и свой-
ства ее. Быстро перемещение
центра тяжести при наклонении
судна. Выражение для радиуса кривизны
траектории центра тяжести. Построение
траектории центра тяжести. Теоретиче-
ское значение метацентра. Ме-
тацентрические моменты. Траек-
тория центра тяжести в том
случае, когда поверхность судна
около естественной грузовой во-
зможности есть поверхность про-
извольная.

Понятие о траек- § 40. Рассмотрение перемеще-
тории центра ния центра тяжести в зависимости
тяжести при от наклонения судна, или предполо-
наклонения судна. жим, что судно находится в посто-

Довольно на беззаконно-малые углы α , пока не достигнется данного угла θ (см. § 29), при чем было дано, что при поспешивании на беззаконно-малые углы α , центр тяжести C { (рис. 14) } перемещается по прямой CC' , параллельной линии, соединяющей центры тяжести двукрылых обшивок AB и $B'B'$, и на величину $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_{n-1} C'$. Такое допущение было бы справедливым, если бы при поспешивании судна на беззаконно-малый угол α , двукрыло было бы в воде вихо-одно, ограниченное: естественной грузовой AB , двукрылой грузовой $A'B'$, соответствующей углу θ , длине беззаконно-длинными вертикально-поперечными сечениями плоскостями и еще отнесенной или частию доковой поверхности судна, — и такой обшивкой входило бы в воду. Это условие и было применено нами в § 29, но единственно только ради простоты рассуждений и безотказного достижения искомого результата.

Из двукрылости — одно было обшивкой иное. При наклонении судна на беззаконно-малый угол α , из воды выходило с одной стороны судна, и

всплывание того, что одна из гра-
ней каждого из этих объемов,
(напр. объем А и грань его
А₁), идущая по всей длине судна,
есть беззаконно-узкая полоска на-
кой-то кривой поверхности, но не
плоскости. Допуская однако, что вы-
веденный уже приближенный за-
кон перемещения центра величи-
ны может быть применен как
достоверный, если лишь идти к
двукратно увеличенному беззаконно-
мощной толщине, найдем, что
при первоначальном наклонении
коробки на угол α , центр ве-
личины переместится не по на-
правлению прямой С₁' и на вели-
чину С₁, но параллельно линии g₁g₁'
соединяющей центры тяжести
двукратно увеличенного
в данный момент объема, т.е.
по величине С₁'. При дальнейшем
наклонении судна на соответствующий
беззаконно-малый угол α из во-
ды выйдет объем, представ-
ляющий собой часть сужающегося
треугольника а, о'а₂, а войдет
в воду равный ему объем в, о'в₂^(х)
и центр величины из положения
С₁ переместится в положение С₂,

(х) Уточнение. О построении точки O' см. "Теория на-
клонов". § 20.

при тем перемещении C_1, C_2 параллельно линии соединения центров масс D действующих объемов, т. е. параллельно линии $g_2 g_1$ и т. д.

Когда наконец центр во последний раз находится по безмассово-малый угол α и достигнет данного угла α , центр тяжести перемещается по линии, параллельной линии соединения центров масс D действующих объемов и пройдет при этом в некоторую точку C_1 .

Конечно, что тем меньше значение α будет, тем больше будет C_1 , тем меньше D и тем больше части $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$ ломанной $C_1, C_2, C_3, \dots, C_1$ перемещения центра тяжести.

Переходя таким образом к предельному, легко заключить, что действительное перемещение центра тяжести происходит по какой-то сложной кривой $C_1, C_2, \dots, C_1$ проходящей через вершины углов упомянутой ломанной линии. Эта кривая и есть действительная траектория центра тяжести.

Из последнего легко видеть, что окончательное положение центра тяжести, соответствующее углу поворота α мы получим, будем-ли мы знать самого угла.

торию его, или, наоборот, вычислив
прямую CC' , направление которой
определяется уже известными
нами образом, а величина опре-
деляется по формуле:

$$CC' = \frac{\dot{r}'}{v} \cdot \sin \Phi.$$

или для малых углов Φ .

$$CC' = \frac{\dot{r}'}{v} \Phi$$

Заметим еще, что прямую CC' ,
определенную по последней форму-
ле можно рассматривать как
сумму проекций отдельных частей:
 $CC', C_1C_2, C_2C_3, \dots$ и т.д. ломаной
 $C_1C_2C_3 \dots C'$ по направлению CC' ,
а так как предельной по-
мечкой есть траектория центра
величины, то прямую CC' можно
также рассматривать как
проекцию траектории центра
величины по направлению CC' ,
т.е. по направлению параллель-
ной линии, соединяющей цент-
ры тяжести движущихся
телес AOA' и BOB' , соот-
ветствующих положений сф-
ры на угол Φ .

§ 41. Часть $C_1C_2, C_2C_3, \dots$
и т.д. ломаной линии $C_1C_2C_3 \dots$
суть хорды, вписанные в траек-
торию центра величины, по по-
строению каждая из этих хорд
параллельна соответствующей

ей линии соединение центров те-
сности двоиствозонных областей. Со
уменьшением величины угла $\Delta\theta$
и величины зонных хорд будут
очевидно приближаться все меньшие
и меньшие значения, направле-
ние-же их будут также из-
меняться и приближаться к по-
ложению предельному положе-
нию, которое, как известно из
опытных исследований, зани-
мает касательная к кривой
в рассматриваемой точке.
Во второе время и линии $g, g',$
 $g_2 g'', g_3 g'' \dots$, всегда параме-
трис хорды $Cc', c'c_2 \dots$, прие-
мается к некоторому предель-
ному положению, которое для
каждой из этих линий совпа-
дает с двоиствозонного грузового;
таким образом предельное по-
ложение, к которому прие-
мается линия $g'g$ есть грузовое
 AB , для линии $g_2 g''$ это пред-
ельное есть грузовое $ac, b,$ и т.д.
И так во предельных хордах $Cc',$
сводится с касательной к
траектории, а прямая g, g' с
двоиствозонного грузового AB и т.д.,
откуда следует такое свойство
траектории центра величины.

Свойство траек- Касательная к траектории
тории центра центра величины в каждой мо-
менту менту касательная параметри-

Дифференциальной геометрией кривых в пространстве.

Но мы знаем (§ 23) что вся кривая касательных к кривой наклонения сдвигна, поэтому заключаем, что кривая наклонения и проекция центрои величин во всякий момент наклонения имеют попарные касательные.

Вспомогательная § 42. Из механики известно, какое значение что вспомогательная или скоростная величина, при движении точки по кривой наклонения по-прежнему называется предельной, к которой относительно, относительное справедливое отношение без конечно-малой длины кривой к без конечно-малому приращению той переменной, от которой размещается кривая есть функция. В механике это определение выражается так: скорость точки в данное мгновение есть первое производное по времени от той функции, которая выражает пройденное пространство в зависимости от времени. Если бы пройденное такого пространства, или ее производные, выражались в зависимости не от времени, а от какой-нибудь другой переменной независимой, то, для определения скорости, надо было-бы взять производную от функции, выражающей пространство не по времени, а по этой

Замечание по теории дифференцирования
Морского и Кавендиша

Ленин 7.
Иван Александрович Брусилов

новой переменной. Переходе к трансформации центра величины, замечается, что для того - все сдвиги этой трансформации есть функции, или переменная зависимость от угла наклона сдвига. Действительно, если больше угла наклона, то тем больше и путь продолжения центра величины, и обратно. Но этому основанию дается такое переименование центра величины или называемое предельное отношение $\frac{CC'}{\Theta}$ безконечно малой дуги CC' трансформации центра величины к соответствующему углу угла наклона $\angle BOB' = \Theta$ (фиг. 25). (Предполагая конечно угол $\angle BOB'$ безконечно - малым).

Ваме или видно (§ 30), что

$$CC' = \frac{\dot{r}}{v} \cdot \Theta,$$

где угол Θ очень мал. Воздвигая одну часть этого равенства на Θ и взяв из предельных, найдем искомого отношение:

$$\lim_{\Theta \rightarrow 0} \left(\frac{CC'}{\Theta} \right) = \frac{\dot{r}}{v} \cdot \lim_{\Theta \rightarrow 0} \left(\frac{\Theta}{\Theta} \right), \dots (a)$$

но предельное $\left(\frac{\Theta}{\Theta} \right)$ есть 1, следовательно

$$\lim_{\Theta \rightarrow 0} \left(\frac{CC'}{\Theta} \right) = \frac{\dot{r}}{v} \dots (1).$$

Замечая, что множитель $\frac{\dot{r}}{v}$ вносится за знак предельного, потому что ни $\dot{r}$ ни v не зависят от угла наклона Θ , а потому можно быть разноматрицабельно конек по-

относительные величины относительно Φ ,
 а сльд. и частное $\frac{\dot{J}}{V}$ есть посто-
 яная относительно Φ . Из дискре-
 панциантного исчисления известно,
 что предельное произведение посто-
 яной на переменную равно произ-
 ведению из этой постоянной на
 предельную переменную, т. е. пред.
 $(\frac{\dot{J}\Phi}{V\Phi}) = \frac{\dot{J}}{V}$. Пред. $(\frac{\Phi}{\Phi})$, величина же Φ и
 написанное прямо равносильно (а).

Итак из уравнения (1) вы-
 ждается, что двигатель, с которо-
го центра величины движется впе-
ред, по линии наклонения суд-
на, равная моменту инерции по-
ряди движущейся грузовой ва-
гонетки относительно оси
наклонения судна, (для докованого
наклонения относительно про-
должной оси), разнесенному на
водоизмещение судна по длине.

Так как знаменатель $V \{ \text{упр. 1} \}$
 не изменяется во время наклонения
 судна, то двигатель перемены-
 тель центра величины будет из-
 меняться только с измене-
 нием $\dot{J}$ момента инерции дви-
 жущейся грузовой вагонет-
 ки, который как известно в свою
 очередь зависит от формы
 и размеров ее; форма же
 и размеры этой грузовой обу-
 словливаются формой дви-
 жущейся обводки судна; всту-

попущено во воду и выходящего из
воды; также части судна, которые
во время нахождения остаются
постоянно под водой, или над
водою, не имеют никакого вли-
яния на изменение деформации не-
прямизны центра тяжести,
иначе говоря, с изменением фор-
мы этих частей, деформация
(в) перемещения центра тяжести
не изменяется.

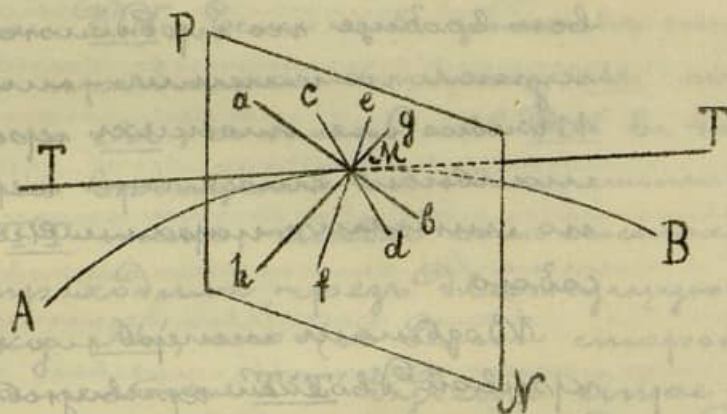
§ 43. Вспомогательное еще, что по
самому определению, деформация
перемещения центра тяжести
во какой-либо момент на-
хождения судна есть нечто иное,
как различие кривизны траек-
тории центра тяжести в этой
точке, в которой в произво-
лительный момент нахо-
дится центр тяжести.

Чтобы легче понять это
примечание, обратимся к вы-
сказанному определению аналитической геометрии, произво-
лительный элемент кривой
двойной кривизны.

Кривая двойной кривизны
называется такою кривою,
при которой элемент безконеч-
но малый элемент которой
не лежит в одной плоскости.
Если все элементы кривой ле-
жат в одной плоскости, то

кривая называется плоскою. По-
скольку мы имеем касуто-мидуд
кривую двойной кривизны AB.

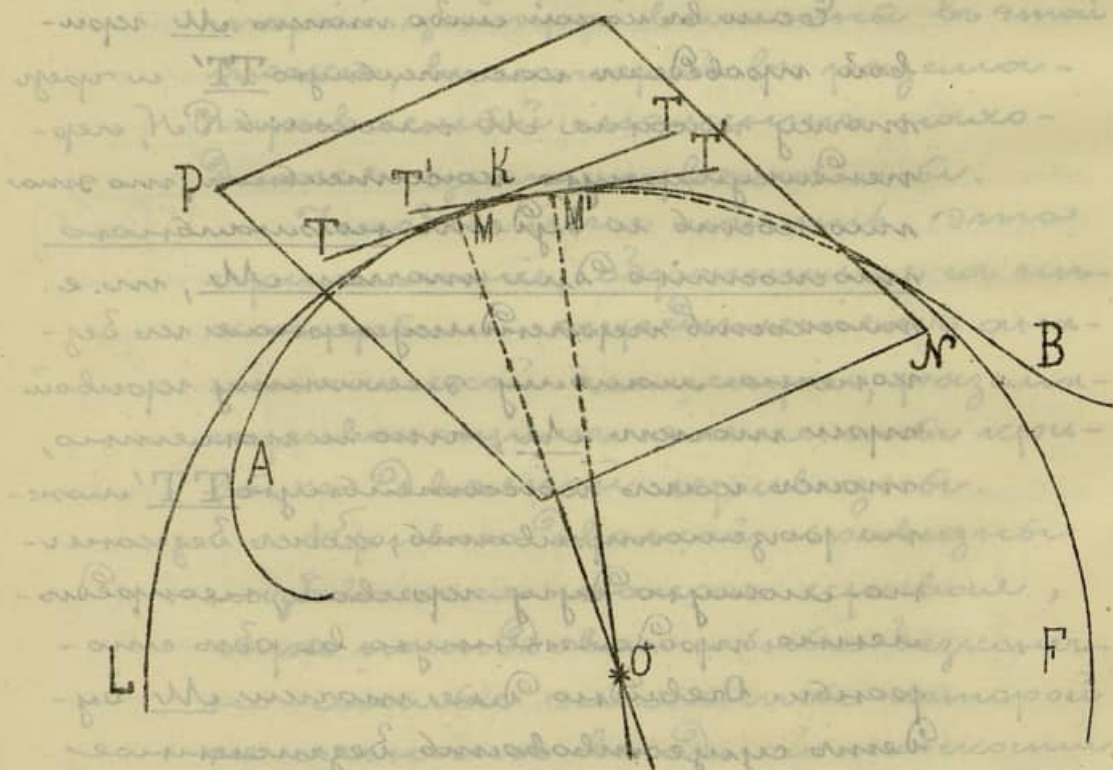
(Фиг. 26).



Если в какой либо точке M кривой проведем касательную TT' и через точку касания M плоскость PN, перпендикулярную касательной, то эта плоскость и будет нормальной плоскостью для точки M, т. е. плоскостью перпендикулярною к безразмерному элементу кривой при точке M, т. е. к касательной TT' и, следовательно, касательной TT' можно разсматривать, какъ безразмерную дугу кривой, непосредственно продолженную в одну сторону. Очевидно для точки M будет существовать безчисленное множество нормалей к кривой AB, которые все лежат в нор-

магнитной плоскости PN , как напри-
 мров ab, cd, ef, gh . Поищем та-
 же, что нормальные плоскости, про-
 веденные во различных точках кри-
 вой двойной кривизны, не могут
 быть параллельны между собою, но
 все вообще по продолжению пересек-
 аются по какому-нибудь прямому.
 Можно для плоских кривых все нор-
 мальные плоскости пересекаться
 по линии параллельным между
 собою.

Возьмем теперь на какой-нибудь
 кривой двойной кривизны AB (рис. 24)
 две произвольные точки M и M' ,
 (рис. 27).



через точки M и M' проведено
 две касательные TT и $T'T'$, через касательную TT и точку M' проведено
 плоскость P_N . Из определения кривой
 второй степени кривизны следует, что
 касательная $T'T'$ не лежит в плоскости
 P_N . Если бы зная отношение
 предположить точку M' по
 точки M , а плоскость P_N в это
 время вращать около касательной
 TT так, чтобы она постепенно
 проходила через движущуюся
 точку M' , то (с одной стороны)
 касательная $T'T'$ будет сире-
 мить приближаться к плоскости P_N
 и с другой стороны касательная TT и
 с другой стороны, сама плоскость
 P_N будет сиреминуть к ка-
 кой-нибудь предположенному положению.
 Это предположенное положение P_N , на-
 зывается плоскостью кривизны
 для точки M , или сопрягающей
 плоскостью для точки M .

Ибо, что касательная к кривой в
 точке M лежит в сопрягающей
 плоскости, проведенной через ту-
 же точку, или в плоскости кривизны
 кривой в произвольной
 точке. Но (фиг. 23) видно,
 что в точке M кривой мо-
 жет быть проведено безчислен-
 ное множество нормалей, из
 которых одна непременно
 лежит в сопрягающей

тоскости; этот паранал называется главным параналом. Точным образом, главный паранал в точке M называется линией пересечения параналов и соприкасающейся тоскости, проведенных в этой точке.

Для тоски кривой соприкасающейся тоскости есть тоскость кривой, а главный паранал в которой точки есть паранал, проведенная в этой точке и лежащая в тоскости кривой.

Если через две безконечно-близкие точки M и M' кривой AB (Срн. 27), проведен по главному параналу, то эти последние пересекутся в некоторой точке O , называемой центром кривизны кривой AB в точке M .

Часть Oll главного паранала, или что все равно Oll' , называется радиусом кривизны кривой AB в точке M . Если $lMlM'$ описанный этим радиусом из точки O как из центра, проходящий очевидно через безконечно-близкие точки M и M' , касательный к прямой II в точке M называется кругом кривизны кривой AB в точке M .

Главное свойство круга кривизны, заключающееся в том, что он из всех кругов, проходящих через точки M и M' наиболее приближен к элементу MM' кривой;

Литература К. Вульфенберг (В. О. 8 и. № 1).

угол Θ есть центральный угол в кривизне $\mathcal{L}dM\mathcal{L}'$, т. е.

$$\Theta = \frac{\mathcal{L}M\mathcal{L}'}{O\mathcal{M}}, \text{ откуда}$$

$$O\mathcal{M} = \frac{\mathcal{L}M\mathcal{L}'}{\Theta} \dots \dots \dots (2)$$

но $\mathcal{L}M\mathcal{L}' = \frac{\mathcal{J}}{V}\Theta$, потому что это есть перемещение центра тяжести, а именно

$$O\mathcal{M} = \frac{\mathcal{J} \cdot \Theta}{V \cdot \Theta} = \frac{\mathcal{J}}{V} \dots \dots \dots (3)$$

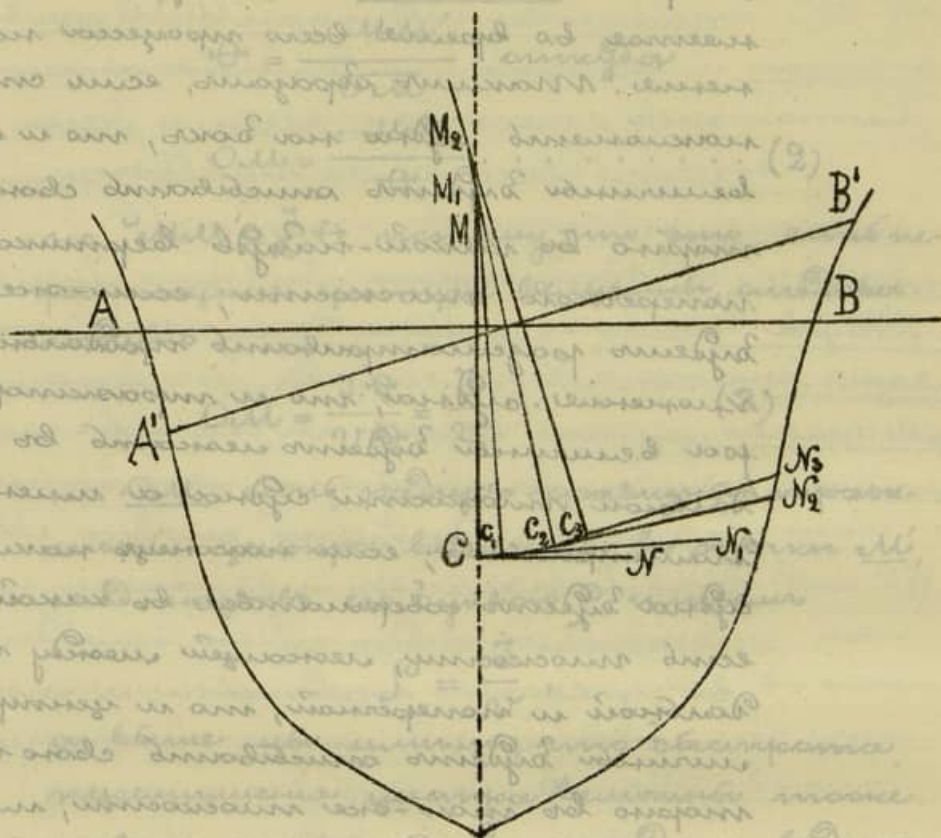
но $O\mathcal{M}$ есть радиус кривизны траектории центра тяжести в точке $\mathcal{M}$, а именно равно его дуге ρ умножен

$$\rho = \frac{\mathcal{J}}{V},$$

а выше мы имели, что дуга траектории перемещения центра тяжести также равна отношению $\frac{\mathcal{J}}{V}$, откуда и видно, что эти две величины выражаются отношением того же количества $\mathcal{J}$ к V . Формула $\frac{\mathcal{J}}{V}$ есть линейное выражение, т. е. первого измерения, что совершенно согласуется со значением линейных частей равенства, так как радиус кривизны выражается в линейных мерах, напр. в футах или метрах.

Вопрос § 44. Траектория центра тяжести, вообще говоря, есть криволинейная кривизна, потому что направление силы может изменяться в перпендикулярном направлении. Мы определим разложение только та-

(См. 28.).



В $\underline{V}$ есть постоянное вращение
судна по своему, а $\underline{I}$ момент инер-
ции мацанди пружовой АВ. Умноже-
(88. см.) теоретические кривые судна на трех
плоскостях проекции, мы можем вы-
числить вращение $\underline{V}$ (это будет
показано вносимости) и ввернуть
судно вращением пружовой ватер-
линии. Упрощение, что положение
судна происходит так, что в ка-
кое положение оно вращается около
оси, проходящей через центр те-

свести двойствующей грузовой (§ 26),
нам необходимо надо найти
центр тяжести молотки ввержен-
ной грузовой ватеро-линии, по пра-
вилам, которые будут указаны
ниже, провести через нее ось, перпен-
дикулярную плоскости наклонения суд-
на, т. е. мгновенную ось вращения
и вычислить относительно этой оси
момент инерции $\bar{J}$ (§ 34) молотки
грузовой. Знаем $\bar{J}$ и V , знаем и
радиус кривизны ρ . Проведем перпенди-
куляр CM перпендикулярно
к CN и отложим на ней $CM = \rho =$
радиус кривизны траектории в точ-
ке C , поместим в M центр кривизны
искомой траектории.

Точка M как центр, а
радиусом CM опишем дугу круга
 CA , недостающую части радиуса. Даль-
нейшее перемещение центра ве-
личины будет происходить по пре-
мой C, N , касательной к дуге CA ,
и перпендикулярной к C, M . Прове-
дем новую грузовую ватеро-линию
(на чертеже ось кота) параллельно
 C, N , и найдем, как и для предыду-
щей, ее момент инерции $\bar{J}_1$ относи-
тельно мгновенной оси вращения; ра-
диус кривизны траектории центра
величины в точке C будет $\rho_1 = \frac{\bar{J}_1}{V}$.
Отложим на C, M перпендикулярно $C, M_1 = \rho_1$,
поместим в M_1 новый центр кривизны
траектории центра величины.

Из точки M_1 , как центра, а радиусом M_1C_1 описан дуг C_1C_2 радиуса числа градусов. Получен таким образом дуга, или в чертении тирометра центр ее величин C_1C_2 Две величина дуга угла наклона.

Геометрическое значение метациентра

§ 45. Этим самым замечается, что точки M , M_1 , M_2 известны в Метри Кораблестроении под названием метациентров. Почему им присвоено такое название и почему радиусы метациентров в механике корабле или увидим в следующем от основности сего на такой дуге, теперь же скажем кратко, что в Метри Кораблестроении из всех метациентров играет особую важную роль первый метациентр M , лежащий в диаметральной плоскости корабле. Примечено считать, что этот метациентр M есть постоянная точка в корабле, т. е. не смещающаяся своего места при наклоне судна на угол θ , не превышающий 15° . Такое допущение не важно верно, как бы это сейчас видным, но для угла наклона, не превышающего 15° , может быть принято, так как погрешность будет незначительна, а вытекающая из этого вся сфера, вращающаяся относительно корабле при его наклоне, значительно упрощается.

Метациентри-
ческие кривые
или метацие-
нтрические эво-
люты.

Сопоставляя кривые линии, прохо-
дящие через все последовательные
метациентры $M, M_1, M_2, \dots$, соот-
ветствующую урву наклонение Φ ,
называемая метациентрической кри-
вой. Следовательно, в метациентри-
ческом смысле, всякий метациентр
есть некоторая точка метациентри-
ческой кривой и в то же время
центр кривизны траектории центра
величины в некоторый момент
наклонения. Из этих определений
и из построения метациентриче-
ской кривой мы видим, что все-
кая нормаль к траектории цент-
ра величины касается метациентри-
ческой кривой в соответствующем
центре кривизны этой траекто-
рии т. е. мы видим, что мета-
центрические кривые есть геомет-
рическое место центров кривизны
траекторий центра величины. Гео-
метрическое - же место центров
кривизны какой-нибудь кривой
называется в Аналитической Гео-
метрии Эволютой или развернутой
этой кривой, на этом основании
профессор Ванкинг назвал ме-
тациентрическую кривую метацие-
нтрической Эволютой.

Из построения метациентри-
ческой кривой следует также,
что характер ее зависит впол-
но от характера траектории

центра величины, форма которой в
своем очерке, как уже было отмечено,
зависит от образования двичетвур-
ных обводов судна, откуда следует,
что и характер мембранной кривой
зависит от образования
двичетвурных обводов корпуса. По-
тому же закончено впрямую мож-
но прийти непосредственно разна-
турное выражение радиуса кри-
визны, т. е. расстояние от неко-
торой точки траектории центра
величины до соответствующей то-
ки мембранной обводки,
двичетвурно этого радиуса ρ
выражается отношением $\frac{r}{R}$ и,
следовательно при условии постоян-
ства V , величина зависит от
 $\dot{I}$ — момента инерции площади
двичетвурной грузовой контур-ли-
нии, величина которого зависит
от образования носовых.

Траектория Относительно вида траекто-
рии центра величины относительно распро-
странения, когда же, то же как это выводится
поверхности из предположения курса. В то же
судно около морских частей судна ед-
ественной как форма этой траектории
грузовой во-определяется все же просто.
контур-линии Возбуждение контуров такое
есть поверх-судно, поверхность которого
поверхности вращающегося естественной грузовой
линии. контур-линии есть поверхность

Литература Н. В. Кендалда (В. О. Д. № 1.).

вращение. Можно было, следовательно, что
во предмете наклонений, допускаемых
практикою, и математикой суть две раз-
личных кривые, центры которых прое-
цируются на плоскости наклонения
в одной и той-же точке. Если из-
вестно (§ 19), что во этом случае
все математические моменты одной и ту-
же кривизны наклонения, а именно
кривой (ср. 5^a) и 5^b).

Касательные к этому кругу суть
грузовые ватеро-линии, которые, во
разсматриваемом случае, все равны
между собой и длине осей их лежащих
в диаметральной плоскости судна.
Отсюда следует, что и моменты
инерции их площадей относительно
той-же общей оси, также равны
между собой, т. е. что для такого
судна I есть величина постоянная.
Примем условие неизменяемости
вдоизмещения, найдем, что радиус
кривизны траектории центра веши-
щны, выражаемый чрез $\frac{I}{W}$, отнаше-
нием двух постоянных величин,
т. е. есть сама величина постоянная, а
значит искомое траекторное есть
круг, радиус которого равен $\frac{I}{W}$, что
и предположено показать.

Остойчивость судна на тихой воде.
Возстановительный момент судна и
его величина. Мера остойчивости (или
величина ее). Условие которому должна

удовлетворяет все судно для безопасности на плавание. Способы удовлетворения этим условиям.

Статическое

основание

§ 46. Статического основания

или основание судна на тихой воде, называется, вообще говоря, содержит судно, находящееся на тихой воде, противится действию сил, стремящихся привести его из первоначального положения в наклонное. Предполагается, что судно, находящееся в первом положении, находится в равновесии и в покое; дадим же ему весьма малое наклонение действием какой-нибудь пренебрежимо малой силы. Если, по устранении этой силы, судно возвращается в первоначальное положение, то говорят, что в первом положении оно находится в устойчивом равновесии; если же, наоборот, оно продолжает наклоняться по направлению первоначального весьма малого наклонения, то равновесие называется неустойчивым, и если, наконец, судно остается в данном ему положении, то равновесие называется безразличным или нейтральным.

Отношение судна в первом случае называется положительным основанием, во втором — отрицательным и в третьем случае основание равно нулю.

§ 47

Может быть, что подобно заданным в
о водности-добычей положительной
остойчивости судна. Все судно уже по
своей конструкции имеет положительную
остойчивость, которая возра-
стает с увеличением угла накло-
на судна, достигает максимума,
затем начинает убывать, при углах
наклона близком 90° обращается
в нуль и даже приобретает уже
отрицательное значение.

Чтобы изобразить величину осто-
йчивости, необходимо помнить, что
судно, как таковое не само, нахо-
дится под влиянием двух сил: со-
ответственно веса и гидростатического
давления воды. Первая сила сосре-
доточена в центре тяжести судна,
а вторая в центре плавучести. Для
равновесия судна необходимо, чтобы
эти две силы, прямо противоположные по
направлению, лежали на одной
прямой. И так, когда судно в равно-
весии в прямом положении — одно
эти силы лежат в диаметральной
плоскости и на вертикальной
линии, проходящей через центр тя-
жести и центр плавучести судна.
Возбуждая сгибание судна (фиг. 29)
покачивание плоскости наклона
и для простоты будем представлять
в предположении, что судно покои-
вается на доске; тогда сгибание его
плоскости наклона есть одно

шаров двинувшуюся область в точку C' ,
 Из точек B' и C' проведем прямые, равные
 двинувшуюся гидростатическому давлению
 воды. Направление этой прямой
 двинувшейся A в двинувшейся
 вертикально, но не можем провести
 оно перпендикулярно к двинувшейся
 грузовой поверхности линии $A'B'$, равно как
 и в ось корабля P , потому что мы
 для упрощения чертежа показываем
 не самое судно до совпадения точек
 A' и B' с горизонтальной воды, а пред-
 ставляем сдвинутое, дугообразно горизонталь-
 ная поверхность воды показывается
 на уровне Θ и пересечается с дуго-
 вой поверхностью по линии $A'B'$. Две
 силы P и A , как равные и парал-
 лельные, направленные в противо-
 положные стороны, образуют пару
 сил, двинувшую по мере GoZ ; из-
 менить этой пары измывается произ-
 ведением из меры GoZ на силу $A =$
 вододвигательная сила = гидростатичес-
 кому давлению воды, или из меры
 GoZ на ось корабля P , что все равно,
 потому что $A = P$.

Возстановитель- Момент $A \cdot GoZ$ — называется воз-
вращающим моментом, или момен-
том статической устойчивости.

Мера GoZ — называется мерой устойчи-
вости — этим — то моментом судна и
 противостоять всяким кренящим силам;
 а когда крен установлен, то возста-
 новляющий момент действует в обрат-
 ную сторону.

весь кремнезему.

При перемещении центра величин надо разобразить три случая, обусловливающего три рода равновесия. Если центр величин займет положение C' , как на чертеже, то устойчивость положительная, ибо по употреблении кремнезема сир, пара ступенчатая приведет судно в первоначальное положение равновесия. Если форма судна такова, что, при наклонении на угол Φ , центр величин судна дойдет только до линии DF в C' , то судно сохранит до угла наклонения и устойчивость до сих пор равна нулю, так как тогда устойчивость равна 0; такое равновесие судна называется, как упомянуто выше, безразличным. Наконец, если до центра величин при разсматриваемом углу наклонения не дойдет до линии DF , то устойчивость отрицательная и судно становится продолжат увеличивать свой угол наклонения и поспешит ускорение накренившейся его сир.

О роды равновесия судна можно также судить разсматривая относительное положение трех точек:

- 1.) центра величин судна C_0 в положении его положения, 2.) центра тяжести его G_0 и 3.) точки M_0 пересечения равнодействующей всех вертикальных сил действующих гидростатического давления воды с диаметральной

Известные пары (P - Q) или этого неу-
мения, потому что величина
силы, образующая эту пару не из-
менялась и тем же самым можно
доказать, только лишь физическое тело
ее стало теперь МоДо.

Если центр тяжести C судна по-
сле поворота его по углу θ нахо-
дится в такой точке, что точка Мо
лежит вблизе центра тяжести До,
то пара (P - Q) будет при этом
существенная бернуть судно в прямое
положение, и равновесие, следовательно,
будет устойчивое, а устойчивость по-
стоятельна. Если центр тяжести
при этом повороте судна
попадет в точку C', то точка
Мо совпадет с центром тяжести
До, точки P и Q будут находиться
на одной прямой, равнодействующая
равна нулю, а равновесие будет без-
различное и устойчивость равна нулю.
Легко видеть, что если центр тяжести
при этом повороте судна,
окажется на-против в углу C.ДоC',
то метациент Мо будет при
этом выше центра тяжести До
и равновесие будет неустойчивое,
а устойчивость отрицательная. И
таким образом, что Мо играет
большую роль в вопросе об
устойчивости судна, а именно видно,
что это есть такая точка вблизи
центра тяжести относительно центра

Литература 1. Буркенрейда (В. О. 8 и. № 1).

Это уравнение дает нам выражение статического момента в зависимости от расстояния $M_0 G_0$ метацентра от центра тяжести, которое поэтому и называется метацентрическим расстоянием, а самый способ изыскания устойчивости называется метацентрическим способом.

Момент устойчивости $Q M_0 G_0 \sin \theta$ изыскается очевидно так: потому что сила Q представляется возмущением корабля и изыскается в тоннах. Коэффициент $M_0 G_0$ — есть высота метацентра над центром тяжести корабля в прямом положении; эта высота выражается в футах. Коэффициент $\sin \theta$ есть число отвлеченное и на наклонение рассматриваемого момента влияния не оказывает.

Мора устойчивости судна.

Во время наклонения судна возмущающий момент его, как было упомянуто, безперервно изменяется. Это впрочем прямо видно и из последней формулы:

$$Q M_0 G_0 \sin \theta,$$

ибо здесь угол θ , по мере наклонения судна, постоянно растет, а коэффициенты Q и $M_0 G_0$ остаются безперервными. Очевидно, что судно должно быть устойчивым, если в нем будет возрастать возмущающий момент по мере

его наклона, или в другом судно.
 Поэтому степень устойчивости судна
 всегда изменяется быстротой (или
 скоростью), с какой, по мгновенному на-
клона, рассчитывается внутренний
момент его.

Чтобы найти эту быстроту до-
 волевающееся исследованием необ-
ходимых углов наклонов, не превы-
шающих 15° , для которых вместо
предыдущей сравнитель можем напи-
сать более простую

Д. М. Ф. Ф.,

где вместо $\sin \theta$ входит тан-
генс величина θ .

Мы уже видели, как отбрасыв-
ается перемещение центра вели-
чины; в данном случае мы должны
поступить совершенно также, т. е.
для нахождения быстроты, или ско-
рости изменения устойчивости, по
мгновенному наклона судна, надо взять
первую производную по изменяемости
угла θ от функции выражающей ос-
тойчивость в зависимости от это-
го угла. Иначе говоря, надо найти
первую производную по θ от по-
стоянного выражения. Но производ-
ная от функции Д. М. Ф. Ф., как
 известно из дифференциального ис-
 числения, находится, если найдем пре-
дельное отношение приращений функции
к приращению перемещения неза-
висимой, т. е.

$$\begin{aligned}
 & \text{Пред. } \frac{Q. M. G. (\theta + \Delta\theta) - Q. M. G. \cdot \theta}{\Delta\theta} = \\
 & = \text{Пред. } \frac{Q. M. G. \cdot \Delta\theta}{\Delta\theta} = \text{Пред. } Q. M. G. \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta} = \\
 & = Q. M. G. \cdot \text{Пред. } \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta} = Q. M. G.
 \end{aligned}$$

Итак произведение $Q. M. G.$ пред-
ставляет собой постоянную величину, или масса постоянна
всегда, или масса постоянна
судна всегда равна произведению из
водоизмещения судна на высоту его
метенетного над центром те-
жести.

На первый взгляд казалось - это
безразлично, или измещение стати-
ческий момент постоянства, произ-
ведение - $Q. G. Z_0$ или произве-
дение $Q. M. G. \cdot \sin\theta$.

Клепсидра видна однако пре-
имущества метенетического сто-
яния измещение постоянства судна
перед другим.

Во самом деле величина $M. G.$,
при небольших поворотах судна, есть
величина постоянная во судне и легко
определяемая опытом, как это
увидим ниже, тогда как для то-
го определения

$$G. Z = R \cdot E = C. E - C. R \dots (\text{дан. 29})$$

надо как видно, определить $C. E$
и $C. R$, для $C. E$ есть горизонтальное
перемещение центра тяжести, т.е.

проекция хорды перпендицента CoC' цен-
тра величины на направлении гар-
зонитальной линии $A'B'$, или проэк-
ция тразектории его $CoC''C'$ на то же
направление; тогда зная
проекцию тразектории на каком-ни-
будь направлении, надо еще зная са-
мую тразекторию, т. е. иметь ее
уравнение, которое в данном слу-
чае является известным.

Метацентрический способ имеет
(2) одно то же недостаток, что его
можно считать справедливым
только для небольших углов на-
клонов, для которых малый
метациентр M_o можно считать
неподвижным в диаметральной
плоскости. Для больших углов
наклонов существуют другие
выражения для статического мо-
мента, а именно посредством
мгмы $G_oZ = CoK - CoZ$, но мы те-
перь займемся метациентровым
способом определения устойчивости.

Остойчивость § 47. Изведем подробное мета-
центрическое формулу момента ос-
тойчивости тою же, т. е. формулу
мгмы.

$$Q. M_o G_o \cdot \sin \theta.$$

В этом выражении мы
 $M_o G_o$ разность двух мгм, оди-
наково хорошо известная в суд-
не, а именно отстоянием мета-
центра от центра величины и

центра тяжести от центра тяжести.

Положим первую из этих величин, т. е. $M_0 C_0$ через r , а вторую, т. е. $J_0 C_0$ через a , и тогда

$$M_0 J_0 = r - a$$

$$Q \cdot M_0 J_0 \cdot \sin \theta = Q (r - a) \sin \theta.$$

Рассмотрев складки, найдем, что момент устойчивости можно представить как алгебраическую сумму двух моментов:

$$Q \cdot r \cdot \sin \theta - Q \cdot a \sin \theta \dots (2).$$

Рассматривая первый из этих моментов, видим, что при том же водонизпущении и при наклоне θ , величина его находится в зависимости от расстояния r между центром от центра тяжести.

Одновременно все положение этих двух точек зависит от формы судна, потому что центр тяжести есть центр тяжести подводной формы судна. На этом основании величину $Q r \sin \theta$ называем устойчивостью формы.

Второй момент выражение (2) можно представить $(-P a \sin \theta)$, т. е. вместо Q подставим P , ибо $P = Q$.

Принимая что наклонение корабля происходит только вследствие перемены груза, уже бывших на нем и в приемом его поморения, т. е. что всего

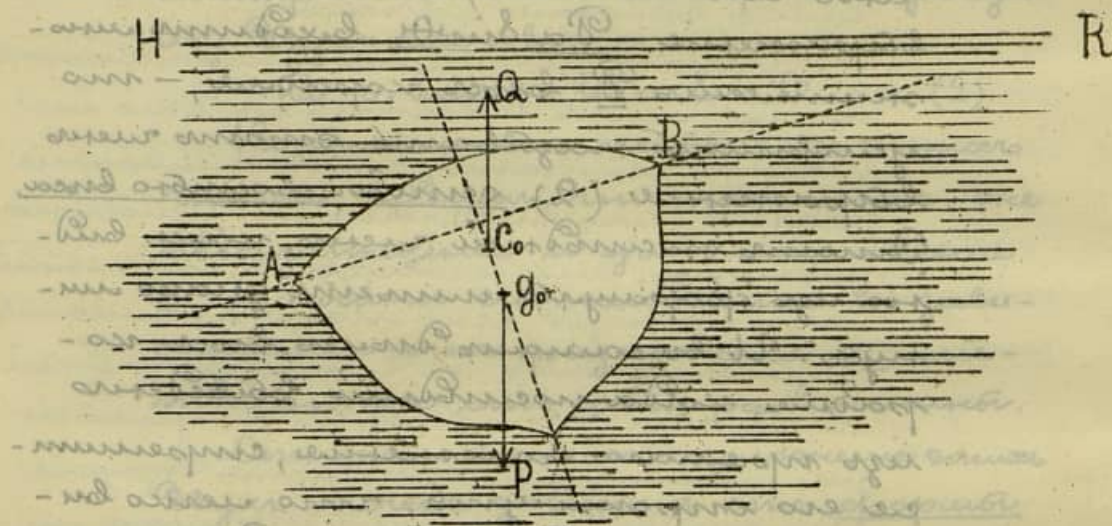
корабли P при наклонении не изменяется, — мы видим, что при повороте ути наклонение θ , величина второго члена выражение (2) зависит от разности a центра тяжести судна от центра тяжести. Тогда как центр тяжести корабля можно разсматривать как точку, в которой сосредоточены все его веса, и тогда как в выражение — $P \sin \theta$, входит момент тяжести P всего корабля, — то условимся называть этот член выражение (2) стойкостью веса. Этот последний член, как видно из формулы, имеет знак минус. И в самом деле весь корабль, когда последний выведен из прямого положения, стремится его опрокинуть, что легко видеть на (рис. 29), между тем как стойкость формы стремится привести судно в прямое положение.

Случай под-
водных су-
дов.

Если тело погружено вполне, то первый из указанных выше членов равен нулю, тогда как при наклонении тело входящего во воду и выходящего из воды объема и центр тяжести постоянно сохраняет свое первоначальное положение. Остается значит только одна стойкость веса, которая,

какое легко видеть на (рис. 30),
 будет принадлежать судно в пре-
 мое положение только в том
 случае, если центр тяжести
 G_0 будет лежать ниже центра
 тяжести C_0 ; и так как в подводных
 частях необходимо поместить центр
 тяжести ниже центра тяжести.

(рис. 30.).



§ 48. Условие устойчивости
 судна метацентрическим спосо-
 бом, или выражение возмущаю-
 щего момента формулы:
 $M = \Delta \sin \theta - \Delta' \sin \theta'$, или полу-
 чим условие, которое должно
 удовлетворять судно для
 безопасности его плавания. Для
 удобства пользования формулы
 предварительно преобразуем

Литография И. Биркенфельда (В.О.Д.А., № 1).

эту формулу.

Замыслим, что расстояние $C_0 M_0 = r$ есть ничто иное, как радиус кривизны траектории центра велишины, потому что, как уже было замечено, метациентр M_0 совпадает с радиусом кривизны этой траектории; на этом основании метациентр M_0 , примененный нами при предыдущих умных наклонениях за постоянную точку, можно носить название радиусного метациентра. Радиус кривизны всякой точки траектории выражается известною уже формулою:

$$\rho = \frac{I}{v},$$

где I есть момент инерции массы движущейся грузовой, а v водоизмещение судна по объему. Подставив эту величину вместо r в формулу, выражающую возмущающий момент, получим ее в следующем виде:

$$Q \frac{I}{v} \sin \theta - P. a. \sin \theta,$$

а так как $P = Q$, то сократившимся образом ее будем:

$$Q \frac{I}{v} \sin \theta - Q. a. \sin \theta \dots \dots (3).$$

В § 46^м было упомянуто, что терпению судна должно быть составлено таким образом, чтобы остойчивость в прямом положении и в

Условие посто- Это условие можно было бы вывести
рому допустить существование неравенств:

удовлетворить $Q \frac{T}{V} \sin \alpha - Q \cdot a \cdot \sin \alpha > 0$, или

судна без $Q \frac{T}{V} \sin \alpha > Q \cdot a \cdot \sin \alpha$, откуда,

таблице по сокращению общих частей нера-
венства на $Q \sin \alpha$ получим:

$$\frac{T}{V} > a \text{ и наконец}$$

$$T > V \cdot a \dots \dots \dots (4)$$

Здесь a есть расстояние между
центром тяжести C_0 судна до его
центра тяжести T_0 , а V есть водо-
измещение судна по объему, т. е. объем
подводной его части, откуда сле-
дует что произведение $V \cdot a$, т. е.
произведение из объема подводной части
судна на расстояние центра те-
жести этого объема до центра
тяжести всего судна, есть равно
иное как статический момент
водоизмещения судна относительно
его центра тяжести.

(5) ... И так последнее неравенство
непосредственно приводит нас к
действующему закону:

Астатическое Корабль может находиться на
судна безразлично в каком положении,
так как вращение его вокруг центра тяжести

со возрастанием I дает моментом инерции I доста-
точно момент инерции можно добившись в сравнении с ста-
тисцата его гру- массовый моментом водонитице-
зовой. ние этого корабля относительно его
центра тяжести.

Изменение величины первой та-
сти неравенства (4), т. е. количества
 I насколько не зависит от волн и
пленений суржауна на корабле,
также так они не могут переить-
нить сформы грузовой, развѣ только
посредством сильной прибавки или
удаления водонитице, приращением
грузов, или сдвиге их в продольном
количестве, так как, существую-
щие сформы судо такковы, что от
недолбнаго погружения корабля гру-
зовое неспособна чувствительно из-
мѣняется. При этом добившись не-
решения в водонитице и в
самой сформе грузовой повисши-
бы за сдвиге продольные переитьки
в мореходных качествах судо,
которые не предполагаются при со-
ставлении его чертежа. Снабдова-
тельно количество I может быть
измѣнено только с переитьного
чертежа судо, и таким обра-
зом неравенство (4) показывается
намъ, что всекое увеличение количе-
ства I уменьшает устойчивость
судо, а потому, при этом, что
доказано момент инерции чрезвы-
чайно быстро растет с увеличением

ширины корабля, и также быстро уменьшается с уменьшением этой ширины, или допустимы допустить, что при том же водоизмещении и при той же нагрузке, должно оставаться одно и то же судно, которое имеет сравнительно большую ширину грузовой, т. е. судно должно быть широким.

Вот почему до введения парового двигателя судно строились гораздо шире обычных; их ширина редко была меньше $\frac{1}{4}$ длины, между тем как теперь, при сравнительно малом значении парусов, ширина судов редко бывает больше $\frac{1}{5}$ или $\frac{1}{6}$ длины; обыкновенно она составляет $\frac{1}{6}$ и доходит иногда $\frac{1}{8}$ и даже $\frac{1}{10}$ длины.

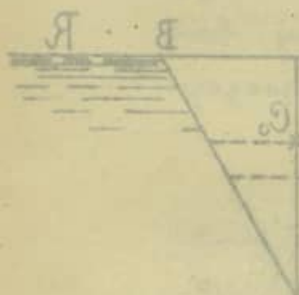
Остойчивость Неравенство (4) предвещает также судна возра - для остойчивости корабля возможное сдвигается вправо уменьшение момента $V \cdot a$ подвод с уменьшением той его части, и следовательно в разделение (а) судна данного водоизмещения V должно между цент - но уменьшить разделение a , т. е. для того же веса увеличить остойчивость корабля его и центром тяжести сдвинуть центр тяжести.

стности и центр тяжести, разумеется если только центр тяжести вблизи центра тяжести.

Если же в судне нагрузка, состоящая из больших тяжестей, слишком сосредоточена внизу, то количество a может оказаться отри-

замечательно, такъ какъ тогда центр тяжести (G_0) будетъ ниже центра величины (C_0). Этого случая въ обыкновенныхъ судахъ почти никогда не встречается и рассмотрение его было бы безполезно, потому что тогда судно обладает излишним остойчивостью и неравенство (4) всегда будетъ выполнено, такъ какъ первая часть его $\bar{I}$ есть количество положительное, между темъ какъ второе будетъ величиною отрицательного и неравенство (4) делается очевиднымъ.

Но, повторимъ, обыкновенно центр тяжести судна находится выше центра величины и вотъ при этомъ-то условию должно зрѣтѣе о возможности сдвигеніи центра величины и центра тяжести, т. е. нужно возвышать центр величины и опускать центр тяжести. Первое изъ нихъ т. е. возвышеніе центра величины, очень невозможно для судна, такъ какъ эти не могутъ переимѣнить формы подводной его части; но эту часть никогда не сдвигаетъ и опускаетъ изъ виду при составленіи чертежа судна, и не трудно понять, какіе формы имѣютъ относительно центра величины высокое положеніе и какіе формы относительно низкое.

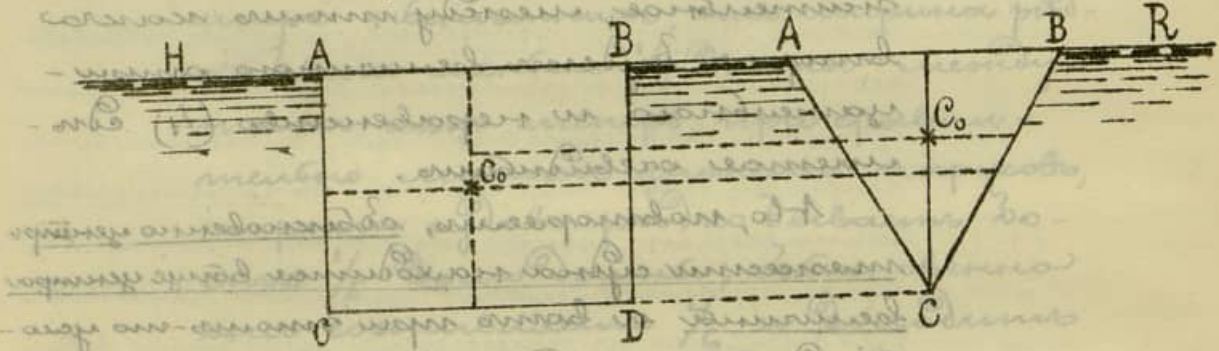


Влияние форм
на положение
центра тяжести
всех

Если мы не обратим внимания на величину водоизмещения, а будем только сравнивать одну только форму, то очевидно, что когда форма многоугольная приближается к прямоуглубнику $ABCD$, то центр тяжести поднимается в среднем к середине судна, тогда центр подводной группы C_0 будет на середине длины корпуса (фиг. 31(a)).

Фиг. 31(a)

Фиг. 31(b)



Напротив, если в многоугольнике форма близка к треугольнику ABC (фиг. 31(b)), то центр подводной группы C_0 будет довольно близко к концу корпуса, а именно находясь в отгрузке AB всего на $1/3$ до его углубления. Таким образом можно видеть, что форма треугольника даст судну довольно основательность, если только это форма не будет иметь в центре тяжести большого водоизмещения.

темнее корабле. Сравнение здешь
справедливое справедливо и при условии
длинного водонизмещения, но только
во время сирот, италоути, при-
дминистрация к треугольнику, оче-
видно напредутом корабле добнейши-
рости грузовой ДВ, так как при
длинной ширине подводная мо-
щадь прямоугольного италоути
была бы вдвое больше, подобной же
мошоду треугольника.

Все вышеизложенное можно на-
глядно выразить следующим обра-
зом: для добней устойчивости
судна под точкой его опоры Со,
т. е. центр тяжести, италоути
по возможности выше, а центр
тяжести До по возможности
ниже, для чего следует выбрать
грузы пошнее.

Надирное море неравенство (4)
во применении к подводным су-
дам, мы применим отнюдь к полу-
сенным во § 4-м (Физ. 30)
закончению. Во самом деле у
подводных судов двойствуютей гру-
зовой ватер- линии нет, а водо-
ватерно нет и ее моменты инер-
ции, т. е. для таких судов
$$J = 0.$$

Подставив такое значение момен-
та инерции J в неравенство (4), найдем:
$$0 > 0 \alpha,$$

или $0 \alpha < 0.$

(1-й и 8-й 0.0.0.0) (1-й и 8-й 0.0.0.0)

но так как V всегда > 0 , то должно быть $\alpha < 0$. И так видно, что смещение этих судов возможно только при отрицательном α , т. е. при таком расположении масс, когда рассматриваемая точка C_0 оказывается выше центра тяжести, т. е. центр тяжести подвешенного судна всегда должен быть выше центра тяжести, и если это условие не может быть удовлетворено обыкновенной нагрузкой, то прибавляют в судно в верхней его части воздушные резервуары.

Перемещение центра тяжести корабля при поднятии и опускании грузов, при перемещении их по палубе или в помещениях, а также при приеме новых или расходовании старых грузов. Перемещение центра тяжести при поднятии и опускании корабля.

Перемещение центра тяжести корабля при поднятии и опускании находящихся на нем грузов. § 49. Так как положение центра тяжести корабля зависит от расположения на нем всех составных частей его грузов, то очевидно, что всякое перемещение грузов в этом пространстве приводит к перемещению и прежнего центра тяжести корабля.

Вот было уже упомянуто, что, если иметь конусообразную систему литоправы К. Виркенфельда (В.О. 8 и № 1).

тѣмъ и, если какое-нибудь изъ тѣлъ этой системы перенеситъ свой центръ тяжести по некоторому направлению и на некоторую длину, то и центръ тяжести всей системы перенесется по параллельному направлению той же величины этого перенесения во столько разъ меньше величины перенесения центра тяжести рассматриваемого тѣла, во сколько въсь этого тѣла меньше въсь всей системы. Можно образовать, если какой-нибудь грузъ въ корабль вѣситъ 20 фунтовъ, то центръ тяжести корабля не поднимется на всѣ 20 фунтовъ, а только на такую долю отъ 20 фунтовъ, какую подниметъ грузъ, напримѣръ 5 тоннъ, составивъ отъ въсь (или водоизмѣщение) всего судна, напр. 1000 тоннъ, т. е. поднимется всего на $\frac{5 \cdot 20}{1000} = \frac{1}{10}$ отъ 20 фунтовъ или на $\frac{5 \cdot 20}{1000} = \frac{1}{10}$ фунта.

Подставляя въ это издѣе дѣйствія, мы получимъ вѣдѣе, что, если водоизмѣщение судна есть P тоннъ, а подниметъ грузъ есть p тоннъ, величина-же поднятие этого груза есть a фунтовъ, то центръ тяжести поднимется не на a фунтовъ, а только на соответствующее количество

$$\frac{p}{P} \cdot a \text{ фунтовъ.}$$

Если-же въ то же самое время, или послѣ, некоторой другой грузъ p' вѣситъ поднять на расстояние a' , то центръ

Лейбницъ Императоръ Академическаго Бюро.

тяжести судна от этого одного груза поднимается на расстояние:

$$\frac{p_1 a_1}{p}$$

Значитъ величiе перемещенiя вѣра груза въ центр тяжести поднимается на сумму его индивидуальных поднименiй отъ каждаго груза. И такъ, если нѣсколько грузовъ $p_1, p_2, p_3, \dots$ будутъ перемещены вверху на соответственныя разстоянiя $a_1, a_2, a_3, \dots$, то вѣрный центр тяжести каждаго вѣдства вѣра отъ перемещенiй поднимается на суммирующую величину:

$$\frac{p_1 a_1}{p} + \frac{p_2 a_2}{p} + \frac{p_3 a_3}{p} + \dots \quad (1)$$

И въ всю знаменителю равны между собою, а потому это выраженiе можно было представить въ такомъ видѣ:

$$\frac{p_1 a_1 + p_2 a_2 + p_3 a_3 + \dots}{p} \quad (2)$$

Здѣсь каждый членъ числителя есть произведенiе изъ величины поднимавшаго груза на высоту его поднименiя; это произведенiе называется моментомъ поднименiя соответственнаго груза. Поэтому изъ выраженiя (2) выводимо такое правило: поднименiе центра тяжести каждаго вѣдства равно суммѣ моментовъ поднименiя индивидуальных грузовъ, раздѣленной на вѣдствующее судно.

Если же нѣкоторые изъ перемещен

каждой грузовой единицы не подметать и смещать, то очевидно, что после перемещения каждой единицы взвешивать со знакомым противоположным относительно перемещений оставшихся грузов, и результатом алгебраического сложения всех моментов перемещений покажет своим знаком в какую сторону переместится центр тяжести корабля.

Перемещение центра тяжести корабля при перемещении его груза.

§ 50. Если-бы некоторый груз P переместился на расстояние a от первоначальной линии, а по какому-нибудь наклонному направлению, то очевидно, что центр тяжести корабля должен переместиться в ту-же сторону и по направлению параллельному, и при этом так, чтобы P составляло от центра всего корабля G , т. е. центра тяжести переместился по указанному наклонному направлению на расстояние:

$$\frac{P \cdot a}{G}$$

Очевидно, что если-бы все перемещенные грузы $P_1, P_2, P_3, \dots$ были передвинуты по параллельным линиям, то, рассуждая также как выше, найдешь, что во столько раз раздвигаемое наклонное перемещение центра тяжести всего корабля должно определяться по формуле совершенно того-же вида, как и формула (2), стоит

только под буквами $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$, в этой формуле понимают не вертикальные перемещение, а наклонные по направлению наклона корабля.

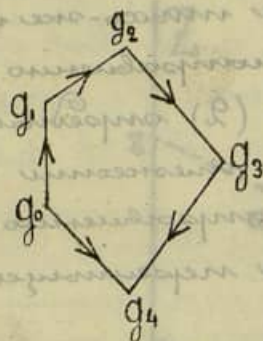
Таким образом выводим другое правило:

Перемещение центра тяжести корабля по некоторому направлению (вертикальному, горизонтальному или наклонному) всегда получится, если алгебраическую сумму моментов наклонных перемещений всех грузов или разделим на водоизмещение целого корабля.

Перемещение § 51. Если грузы были все перемещены по различным направлениям корабля, то необходимо определить перемещение центра тяжести корабля, от каждого груза в отдельности, как это было сделано в направлении, как стати. Поэтому нужно руководствоваться тем соображением, что новое место центра тяжести вследствие одновременного перемещения всех грузов, будет очевидно такое же, как если бы грузы были перемещены последовательно, ибо окончательное распределение всех грузов в корабль в данном случае одно и то же.

И так пусть $\mathcal{G}_0$ (фиг. 32) представляет начальное место центра тяжести корабля и пусть от перемещения первого груза он переместился

из G_0 в G_1 ; это перемещение второго груза из G_1 в G_2 и т.д., так что окончательно его место окажется в G_4 .
(см. 32).



Вспомогательное это некое перемещение $G_0 G_4$ очевидно выражается по величине и направлению замыкающего

(2) замыкающего ломаной линией, составленной из частных перемещений центра тяжести.

Но на практике составить эту ломаную линию весьма неудобно, во особенности когда ее отдельные части лежат в различных плоскостях.

Поэтому на практике определяют величину полного перемещения центра тяжести при отдельных его перемещениях по трем взаимно перпендикулярным направлениям, а именно в длину, ширину и высоту (или в ширину).

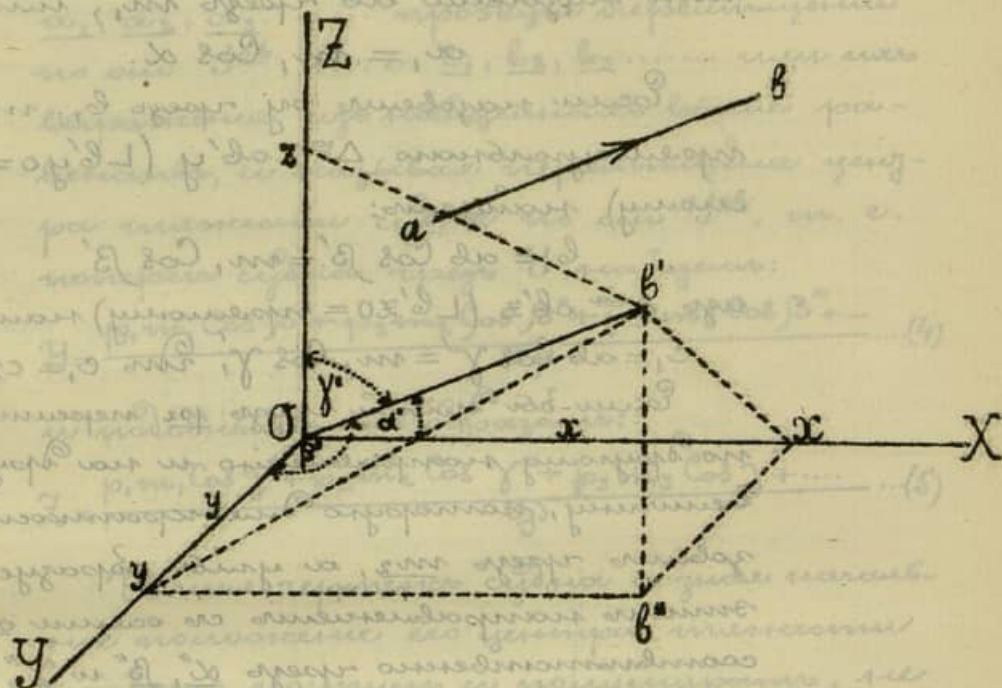
Понятно, что для этого, и для отдельных грузов величину полного перемещения надо брать составляющие перемещения в длину, ширину и высоту корабля. Тогда если мы уже знаем наперед на сколько центр тяжести корабля переместится по длине, то надо взять ту же самую формулу (2) и рассмотреть в ней перемещения $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ только как горизонтальные проекции

от соответствующего поперечного перемещения груза. Если же мы возьмем проекцию такой же поперечной перемещения по направлению ширины судна, то формула (2) определит перемещение центра тяжести корабля по этому же направлению. Можно также найти перемещение в продольном или ввинном.

Одним словом в формулу (2) надо всегда вводить вместо количества $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ не самые перемещения груза, но их проекции по разному принимаемому направлению. Чтобы найти проекции перемещения груза на каждый из этих трех взаимно-перпендикулярных направлений, надо конечно знать какие углы образует это перемещение с каждым направлением.

Пусть направление представляется величиной и направлением перемещения какого-нибудь груза R , а OX, OY, OZ три взаимно перпендикулярные оси, из которых OX направлена по длине судна и в диаметральной плоскости, OZ по высоте и в той же плоскости, а OY поперек судна, т. е. перпендикулярно диаметральной плоскости ZOX . Через начало координатных осей, т. е. через точку O , проведем линию ob' равную и параллельную линии ab , тогда проекции линии ob' будут

(фиг. 33.)



известно что и линия ab , искомому
было то, чтобы искомая проек-
ция линии ab . Достаточно найти
проекцию линии ab' . Назовем угол,
образуемый линией ab' (или что то-
же линией ab) с осью X^{ab} чрез α' ,
с осью Y^{ab} чрез β' и с осью Z^{ab} чрез
 γ' , тогда получим из прямоуголь-
ного треугольника $ob'x$ (прямоуголь-
ник $b'xo$), что катет ox равен
гипотенузы ob' умноженной на
 $\cos$ угла α' , т. е.

$$ox = ob' \cos \alpha', \text{ но}$$

ob' равно ab по построению, а OX есть
искомая горизонтальная проекция,

которую мы называем через α_1 , снвд.

$$\alpha_1 = ab \cos \alpha'$$

или называем ab через m_1 , или m_1 ab

$$\alpha_1 = m_1 \cos \alpha.$$

Если назовем oy через b_1 , то из прямоугольного $\Delta^{ко} ob'y$ ($\angle b'y o =$ прямому) найдем:

$$b_1 = ab \cos \beta' = m_1 \cos \beta'$$

из $\Delta^{ко} ob'z$ ($\angle b'zo =$ прямому) найдем

$$c_1 = ab \cos \gamma' = m_1 \cos \gamma', \text{ где } c_1 = cz.$$

Если-бы другой путь oz переместился по другому направлению и на другую величину, которую для краткости назовем через m_2 , а углы образования этого направления со осями ox, oy, oz соответственно через α'', β'' и γ'' , то проекции α_2 по оси $X^{ко}$ будут:

— " — b_2 — " — $y^{ко}$ — " — $b_2 = m_2 \cos \beta''$

— " — c_2 — " — $z^{ко}$ — " — $c_2 = m_2 \cos \gamma''$

Наконец для третьего пути oz , перемещение которого есть m_3 , а углы этого перемещения со осями координат будут суть α''', β''' , и γ''' , подобным же образом найдем

$$\alpha_3 = m_3 \cos \alpha'''$$

$$b_3 = m_3 \cos \beta'''$$

$$c_3 = m_3 \cos \gamma''' \text{ и т.д.}$$

Подобные величины $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ и т.д. во формулу (2) найдем. Для этой величины, найдем перемещение центра тяжести судна по оси zox , т.е. по длине судна, а именно называем его через X иными:

$$X = \frac{\rho_1 m_1 \cos \alpha' + \rho_2 m_2 \cos \alpha'' + \rho_3 m_3 \cos \alpha'''}{\rho} \dots (3)$$

Подставляя в формулу (2) вместо $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ проеции перемещений по оси Y^{ob} , т. е. $b_1, b_2, b_3 \dots$ или их выражение из найденных выше равенств, и называя перемещение центра тяжести судна по оси Y^{ob} , т. е. поперек судна через Y найдем:

$$Y = \frac{\rho_1 m_1 \cos \beta' + \rho_2 m_2 \cos \beta'' + \rho_3 m_3 \cos \beta'''}{\rho} \dots (4)$$

и подобным же образом:

$$Z = \frac{\rho_1 m_1 \cos \gamma' + \rho_2 m_2 \cos \gamma'' + \rho_3 m_3 \cos \gamma'''}{\rho} \dots (5)$$

Имея центр тяжести судна и зная начальное положение его центра тяжести на бочу, картулю и полуциркуль, не трудно уже, вычислив по формулам (3), (4) и (5) его перемещение X, Y и Z , нанести по этим трем проециям конечное положение центра тяжести.

Перемещение § 52. При расхождении или при центра тяжести новых грузов, центр тяжести корабля имеет корабль очевидно должен быть как при применении и без перемещения. Иные на новых или ходит это перемещение играет расхождении весьма важное значение, потому старых груз что прием и расход грузов есть заво. явление самое обыкновенное во время плавания. Избавая напримр от груза, когда, вследствие расхода провизии, воды и топлива, центр тяжести корабля поднимается очень высоко, что судно становится очень возмущено, а

и во-вторых, что этот новый весь корабль P представляет собой равнодействующую сил от двух сил P_0 и p .

Воспользуемся теоремой моментов, составлено в общем виде, как известно, в том, что моменты равнодействующей силы моментов были частей, составляющих это тело.

(8) Тогда взвешивая за тяжесть моментов пренебрегающего грузовой батареи и т.д. и означив через tl значение от нее нового центра тяжести, получим на основании указанной теоремы след. уравнение.

$$Ptl = P_0 t_{l_0} + p t_h \dots \dots \dots (7).$$

Здесь все известно кроме tl , а по тому моментом же найдем это новое значение tl центра тяжести корабля от старой грузовой; если вберишь из нее пренебрегающего изданию t_{l_0} , то и найдем искомого перемещение $(tl - t_{l_0})$. Впрочем это перемещение можно получить и непосредственно из уравнения (7); в самом деле из уравнения (7) имеем:

$$tl = \frac{P_0 t_{l_0} + p t_h}{P},$$

Вберишь из одного частей последнего равенства по t_{l_0} получим:

$$(9) \dots \dots \dots \frac{P_0 t_{l_0} + p t_h}{P} - t_{l_0}, \text{ или}$$

$$(10) \quad tl - t_{l_0} = \frac{P_0 t_{l_0} + p t_h - P t_{l_0}}{P};$$

подставив вместо $\bar{D}$ его величину из уравнения (6), найдем:

$$hl - h_0 = \frac{D_0 hl_0 + ph - (D_0 + p) hl_0}{\bar{D}}$$

Но раскрывши скобки и приведем, у нас останется

$$hl - h_0 = \frac{ph - ph_0}{\bar{D}},$$

или окончательно

$$hl - h_0 = \frac{p(h - h_0)}{\bar{D}} \dots \dots \dots (8)$$

т. е. перемещение центра тяжести корабля равно произведению из веса принятого груза на разность разстояний $\bar{D}$ до плоскости моментов центра тяжести этого груза и начального центра тяжести корабля, деленному на новое водоздвигание корабля.

До сих пор предполагалось, что груз p примет на корабль, водоизмещение его или его прираще к предельному водоздвиганию D_0 . Конечно, что если груз p идет, напротив, израсходован, выброшен или вынут из корабля, то стоит только в последней формуле переместить знак у количества p . Сообразно со этим формула (7) примет вид (9).

$$Dhl = D_0 hl_0 - ph \dots \dots \dots (9)$$

Въ $D = D_0 - p$, а формула (8) примет вид:

$$hl - h_0 = \frac{p(h_0 - h)}{\bar{D}} \dots \dots \dots (10)$$

Во всех этих рассуждениях мы бра-
ли за точку моментов точку ста-
рой грузовой; если же за точку мо-
ментов может быть выбрана всякая
другая постоянная во судне точка,
тогда она была нанесена на теоретические чертежи судна; тогда мож-
но было удобно считать с этих раз-
стояний до нее начального центра
тяжести судна и принятого груза
т.е. Если же нужно было знать, на
сколько от принятой или расходуе-
мой грузовой, центр тяжести корабля
переместился вдоль судна, то очевидно
стоит только взять за точку мо-
ментов какой-нибудь определенный
плановый, или какой-нибудь попе-
речный плоскость, проходящую перпенди-
кулярно через крайний носовой или край-
ний кормовой перпендикуляр. Тогда
в формулах (7), (8), (9) и (10) бук-
вы H , H_0 и h должны представлять
собой горизонтальные расстояния соот-
ветствующая точка от выбранной
поперечной плоскости.

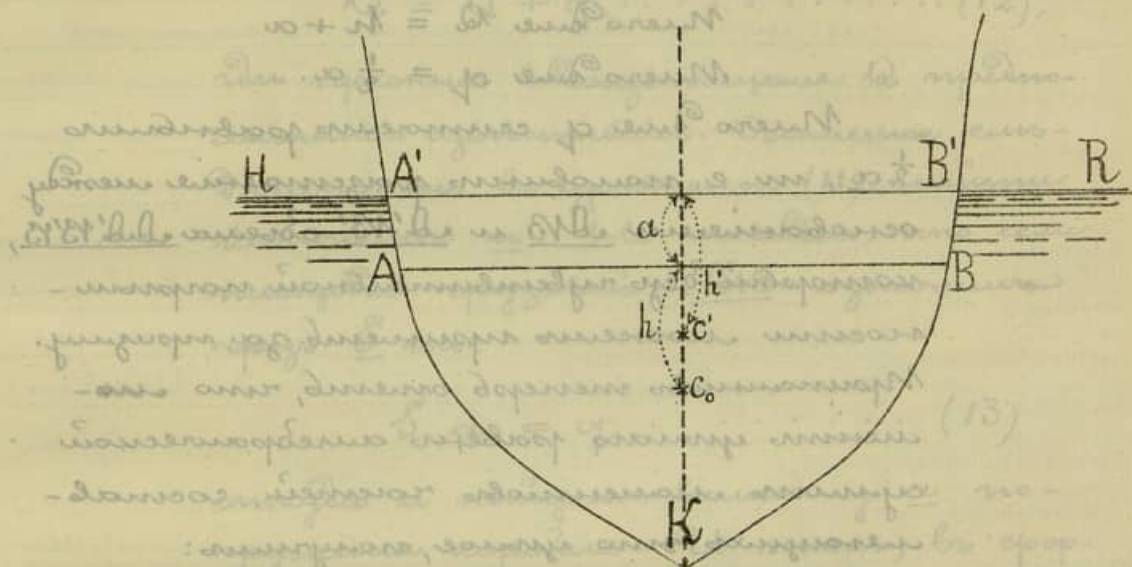
Можно также найдем пере-
мещение центра тяжести корабля
по ширине судна, и тогда надо
взять плоскость какого-нибудь за-
тока, а лучше всего диаметрально
противоположную судна за точку
моментов.

При употреблении формул, най-
денных в этом параграфе, во

тот же случай, когда за плоскость по-
мещения зеркала мидель-инструмент
или диаметрально плоскость, необхо-
димо обратить внимание на знаки
координаты h и h_0 ; когда эти ин-
струменты находятся в одной стороне
от выбранной плоскости, то должно
их брать с одинаковыми знаками,
в противном же случае с разны-
ми. Незабывая о алгебраическом сло-
жении, выраженного второго члена
уравнения (7), покажем с каки-
ми знаками будет разложение h — по-
лого центра тяжести от выбран-
ной плоскости момента.

Перемещение § 53. При рассмотрении каких-
центра вели- либо груза, или предмета на
-либо припод- (напр. угля, проволоч, воды, артил-
-линей и по- лерин, товаров и проч.) корабль
-уравнения ко- нарушается в воду или подни-
-радиус (01) мается, т. е. увеличивается свое угло-
ление или уменьшается его, витьто
-различия с тем и увеличивается его водопитание,
-напротив т. е. подводный объем, а следовательно
то и центр величины имеет свое
-этого место по вертикальному направ-
-линию. Пусть, на (рис. 35), сечение
-кабана AKB служит для нас представи-
-объема телом угля корабля, так что
-длина AB есть его естественная грузовая
-длина C естественный центр величины,
находящийся на высоте h от этой
-линии грузовой. (10)
-сод, корабль Будем разсуждать в том пред-

(рис. 35.).



положении, что на корабль принимаются новые грузы, так что новая грузовая Д'В' оказалась выше естественной ДВ на а фута; иначе сказать, корабль погружился на а фута и теперь требуется найти новое место центра тяжести.

Для этого применим теорему моментов относительно новой грузовой Д'В'. Отметим новое место центра тяжести через С' и его высоту от новой грузовой через h', назовем также прежнее водоизмещение по одному через Q, а новое — через Q', наконец прибавим водоизмещение, т.е. Q и Q' означим через Q. Имени или расстояние центров тяжести

этих объемов до плоскости момент-
та в дугу очевидно:

$$\text{Момент } Q' = h'$$

$$\text{Момент } Q = h + a$$

$$\text{Момент } q = \frac{1}{2} a.$$

Момент q считаем равным $\frac{1}{2} a$, т. е. половине расстояния между
основаниями AB и $A'B'$ объема $AA'B'B$,
который без существенной погреш-
ности можем принять за призму.
Примем теперь опять, что мо-
менты прямого равен алгебраической
суммы моментов частей, состав-
ляющих это тело, получим:

$$Q' h' = Q (h + a) + \frac{1}{2} q a \dots (11).$$

Отсюда требуется определить h' ,
и следовательно необходимо, чтобы в
этом уравнении, были известны. Здесь
могут встретиться два случая: если
нам известно придаточный груз,
производящий судно, который или из-
вестен через p ; или же известна
величина a погружение корабля.

Случай первый. Если придаточ-
ный груз p известен в тоннах,
то зная, что один тонн равен
весе 35 кубических футов воды, мы
легко найдем придатку водозни-
жение судна, умножив число тонн
 p на число 35; такими образом:

$$q = 35 p$$

Литография К. Верженфельда (В. О. 8 л., № 1.).

Носит этого вида формула (11) им-
еет:

$$Q' = Q + q \dots \dots \dots (12),$$

или простое возмущение Q пред-
полагается известным. Остается с-
ледовательно в уравнении (11) найти
коэффициент α . Но очевидно, что если
такая q произвольна ΔB означим
через δ то:

$$\delta \alpha = q \dots \dots \dots (13)$$

откуда и найдем величину α по-
гружения корабля. И также, в фор-
мулу (11) все величины кроме h'
известны; определим это h' мы
подобно как и в § 48^м най-
дем искомое перемещение центра
величины.

Случай второй. Если попро-
сить известна величина погруже-
ния α корабля, то надо начать
с уравнения (13), из которого мы
найдем производный от q α
тогда в уравнении (11) все коэф-
фициенты будут известны, кроме
 h' , которое и определится из это-
го уравнения.

Иван Иванович Смирнов

(11) Практические приложения метациентри-
ческого способа изучения остойчивости:
 (81) Метациентрические диаграммы; построе-
ние их и употребление. Опытные на-
клонения судна, для определения их
центров тяжести. Определение угла
крена, происходящего от поперечного
перемещения грузов. Влияние на остой-
чивость перемещение грузов во верти-
кальном направлении. Метациентро-
 (81) для продольных наклонений. Опреде-
ление угла крена. Дифференциал судна,
влияние перемещения грузов по
продольно-горизонтальному направ-
лению.

§ 54. Во § 47^м мы видели, что
 статическая остойчивость судна вы-
 ражается формулой (2).

$$Q \sin \theta - P \sin \theta,$$

где член $Q \sin \theta$ было назван остой-
 чивостью формы, а $(-P \sin \theta)$ остойчи-
 востью веса, потому что множителем
 первого члена Q — возмущение и $\sin$ —
 возмущение метациентра относительно центра
 тяжести зависит от формы подвод-
 ной части судна, а множителем вто-
 рого члена P — вес судна и $\sin$ — возмуще-
 ние между центром тяжести и цент-
 ром тяжести судна зависит от
 нагрузки судна и распределение на-
 грузки этой нагрузки.

Во §§ 51, 52 и 53 было показано, что
 с изменением распределение нагрузки

карабине, с притяжением новых грузов, или расхождением старых изгибается и положение трех главных точек карабине, а именно: центра тяжести, центра величины и следовательно связанная с ним метациентра. Во изгибании относительного положения этих трех точек изгибаются соответственно α и β предвинутой формой, а следовательно может измениться и устойчивость судна; поэтому весьма важно было выработать такой прием, посредством которого можно было бы скоро и надежно установить, какое произойдет изменение в относительном положении упомянутых точек с изгибанием гнущейся, а следовательно и водоизмещения и формы подводной части судна. Во этом даже является настоятельная необходимость в применении ко коммерческим судам, которых свойственны долгие изменения грузовых гнущений.

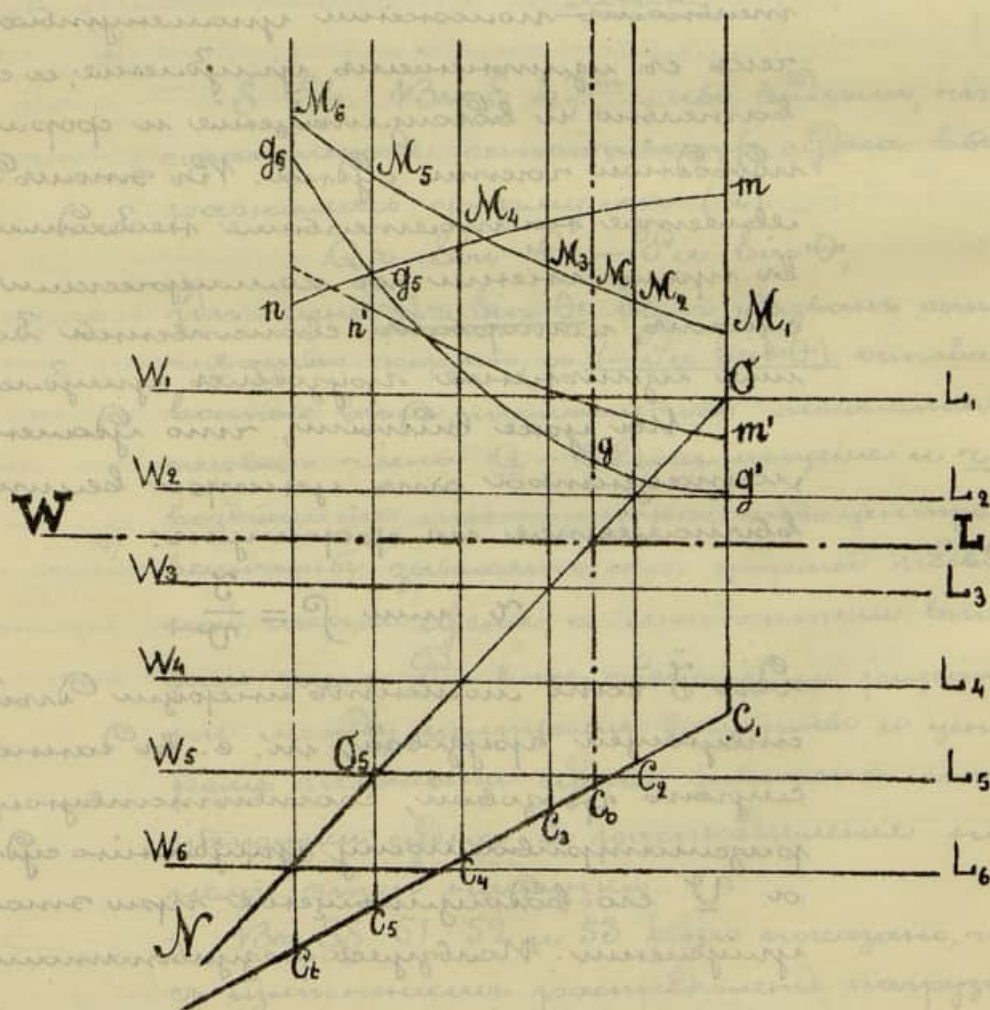
Мы уже видели, что удаление метациентра от центра величины вычисляется по формуле:

$$\alpha \text{ или } \beta = \frac{J}{V}$$

где J есть момент инерции действующей грузовой, т. е. в данном случае грузовой, соответствующей рассматриваемому гнущению судна, а V его водоизмещение при этом гнущении. Поблизости результатов

цумма ряда такихъ вѣтвей, можно, прибавляя къ графическимъ приемамъ, построить кривую называемую мета-центрической диаграммой, которая показываетъ вертикальное положеніе метацентра и центра вѣтви для всякаго углубленія судна, средняго между грузобитіемъ его углубленіемъ, т. е. когда судно въ полномъ грузу, и углубленіемъ въ опустошенномъ его состояніи.

Построение мета-центрической диаграммы. Построение метацентрической диаграммы производится весьма просто: пусть W, Z , представляетъ естественную грузополноту. (См. 36.).



зовую батарею-линию (рис. 36) парал-
лельные ей прямые $W_2 Z_2, W_3 Z_3 \dots$
различные батареи-линии, соответствую-
щие различным уязвимостям судна.
Возьмем на естественной грузовой
батарею-линию произвольную точку O ,
и проведем прямую OX под углом
в 45° . Через точки пересечения ее с
горизонтальными прямыми проведем
вертикальные прямые линии. По из-
вестному масштабу отложим на
прямой OX , ниже от точки O , раз-
стояние OC_1 центра тяжести от гру-
зовой батареи-линии $W'Z'$; от полу-
ченной точки образуем точки C_1
относим по той-же линии и в
верх длину $C_1 M_1$, изображающую
в том-же масштабе возвышение
метоцентра M_1 над центром
тяжести C_1 ; неоднократно уже было
упомянуто, что это расстояние
вычисляется по формуле

$$C_1 M_1 = \rho_1 = \frac{J_1}{V_1}$$

Затем строим такое-же по-
строение на каждой из вертикаль-
ных прямых, напр.: на прямой
 $O_5 C_5$ отложим ниже от точки
 O_5 длину $O_5 C_5$ равную уязвимости
центра тяжести судна от грузо-
вой $W_5 Z_5$, когда оно погружено в воду
по эту грузовую; от точки C_5 вверх
по той-же прямой откладываем
линию $C_5 M_5$ равную соответствую-

цены возмещения метациентра сдвиг,
..... разделение это вычисление по наи-
более простому:

$$C_5 M_5 = J_5 = \frac{J_5}{V_5}$$

Для J_5 есть момент инерции про-
вольной $W_5 J_5$.

Результатом наших построений
будет ряд точек $M_1, M_2, M_3, \dots, M_6$
и другой ряд $C_1, C_2, C_3, \dots, C_6$, из ко-
торых первый ряд есть последова-
тельное положение метациентра сдвиг,
а второй — центров величин, соот-
ветствующих угловению его на
различные моменты.

Расстояние между центрами и
разделение $C_1 M_1, C_2 M_2, C_3 M_3, \dots, C_6 M_6$
относительное по одному и тому же
положению масштаба.

Сопоставляя кривые линии, проведе-
мые через последовательные мета-
центры $M_1, M_2, M_3, \dots, M_6$ раз-
личное метациентровое диаграммы.

Сопоставляя кривые, проведенные через
последовательные центры величин
 $C_1, C_2, \dots, C_6$ есть очевидно общее место
этих точек; это значит, что и все-
кое промежуточное точка, лежащее
между означенными, есть тоже центр
величины для какой-нибудь про-
вольной соотв. величины. Но ввиду этого,
произведенный ряд моментов сдвиг,
связывается, что кривые центров
величин, при переходе сдвиг от

полного грузового унуждения. ко ятому
унуждению, которое оно понужит пося
израсходование груза и выгрузки това-
ровъ, чувствительно совпадаетъ съ пре-
лого линией наклонено ко горизонту
подъ угломъ отъ 28° до 32° .

Линия эти кривые, легко уже опре-
дѣлить прослѣдить измѣреніемъ вер-
тикальными положеніе центра веши-
тища и метацентра, соответствующа-
я всякой ватеръ-линии, параллель-
ной грузовой W, L, и лежащей между
этого послѣдней и грузового ватеръ-
линии въ диаметрномъ состояніи
судна. Напримѣръ, положимъ, что
WL представляетъ такую линию,
на датскомъ разсѣченіи также W, L.
Можно и въ WL пересѣкаетъ прямую
ON, проведенную вертикальную пре-
мую CM; въ пересѣченіи послѣдней
съ метацентрической кривою полу-
чимъ положеніе метацентра M,
соответствующаго грузовой ва-
теръ-линии WL; а въ пересѣченіи
съ кривою центровъ вешища опре-
дѣлимъ положеніе центра веши-
ща C.

Изъ этихъ двухъ кривыхъ важ-
ное значеніе имѣетъ метацентри-
ческая диаграмма, а кривая центро-
въ вешища служитъ лишь сред-
ствомъ для полученія первой кривой.
Слѣдуетъ замѣтить, что
метацентрическая диаграмма при-

имеется только только к ватер-
линии, проводимой параллельно
W₁ Z₁. Если, как обыкновенно бывает,
судно, переходя в заданное состояние,
значительно имеет свой пере-
рест, тогда по диаграмме уже
небольшой погрешности вогнутого верши-
нального положения центра вели-
чины и метацентра, соответ-
ствующая этому заданному со-
стоянию.

Характера Метацентрические диаграммы
метацентриче- имеют весьма разнообразный ха-
ской диаграммы рактер, смотря по образованию
зависит от судна. Кривые M₁ M₂, подобно-
образованию судна цессе вверх по мере расхолода-
ние грузов, часто встречается у
военных судов обыкновенного обра-
зования.

В 30-е годы английским стро-
ителем Соммерсом были построены
две военные сраны суда особого обра-
зования, а именно: они отличались
от обыкновенных срань больше
широкого и острым образованием
мидель-штагута с небольшим
развалом внахлестку у грузовой ва-
тер-линии. Но впрочем эти
суда отличались безукорынным ка-
чеством. Метацентрические кривые
этих судов имеют характер
выпуклой на нашем герметиче-
ской кривой mm, которая по мере
перехода судна из грузового состоя-

Литература К. Виркенсфелда (В. О. 8 и. № 1).

стояние Мо положительно и основательность судна также положительно, а когда это разстояние становится отрицательным, т. е. точка О идет выше Мо, то и основательность судна отрицательна. Отсюда следует, что, имея метацентрическую диаграмму, легко можно судить о родъ основательности судна при данном грузоборудовании его унудении, если только нанесем на ту же диаграмму вертикальное положение центра тяжести судна, потому что через это найдем положение извѣстнаго метацентрическаго разстояния Мо. Получимъ же и при основательности судна получимъ, если считать съ диаграммы разстояние Мо, при данномъ грузоборудовании, унудении на водонитяжение В соответствующее данному унудению корабля. Вертикальное разстояние центра тяжести отъ различныхъ грузоборудований ватерлиний наносится на ту же вертикальные прѣмыя, причемъ эти разстояния конечно должны быть определены (для каждаго унудения судна) по методу указанному въ предыдущемъ параграфѣ. Кривая центра тяжести, которая получится по соединении соответственныхъ различныхъ положений унудения судна, показана у насъ на (фиг. 36) подъ литерой Г.....Г5Г6.

Метациентрические диаграммы различных военных судов показали, что у большинства из них устойчивость их остается положительной вплоть до тех нагрузок по грузу, соответствующую полной нагрузке, или только по грузу, соответствующую их оделенной состоянию; величина устойчивости конечно изменяется при этом различные значения, но знача (+) сохраняется, что и важно. Коммерческие же суда представляют собой группу явлений иного рода. Войто приводит пример коммерческого судна, у которого метациентрическая кривая есть $m'n'$, а теоретическая линия центров тяжести — кривая g_1g_2 . Порожние баггеры — линия W_5Z_5 этого судна соответствовала грузу на равный кил, а грузовая баггеры — линия W_1Z_1 при грузе 19 грузов. Когда все грузы сняты, то центр тяжести лежит в g_2 выше метациентра n' , что указывает признаком нестойчивого равновесия.

Но когда того же судна принимает груз, метациентр его понижается, но центр тяжести понижается еще быстрее и, когда только последний опускается ниже метациентра, равновесие судна становится устойчивым. Когда судно

что отбиты по определению центра тяжести судна весьма полезны, как для удостоверения в его пригодности к плаванию, так и в виду по-лучения основательных данных для дальнейших проектов судов.

Примечание Для производства таких опытов судно приводится на такую воду, которую можно укомплектовать, т. е. с поставленным на нем рангоутом, со сухими проходами, с кантами, или пучками, или совершенно наполненными водою, без всякой воды внутри судна сподобной перемигаться (пучками или наполненными сиперками) и покончить, со всеми грузами, укрепленьями т. е. что бы они не могли измѣнить своего положенія при наклоненіи судна; при этомъ лучше вѣдирать тихо пооду, а въ случаѣ легкаго вѣтра, судно должно быть установлено по его направленію и при томъ такъ, чтобы оно могло поворачиваться свободно и чтобы швартовки по направленію своему не обнаруживали - бы существеннаго сопротивленія наклоненію судна.

Измереніе отбитовъ Для того, чтобы произвести наклоненіе, обыкновенно укладываютъ на наклонной подоплуду кивки даласта $\frac{1}{2}$ (фиг. 37), добавить распределить его сначала равномерно по каждой сторонѣ, а иногда вѣнато употребленіе даласта пере-

Движающееся судно поперек судна. Во многих подвиги по (всплы) отбыв, которые по наклонению судна показывались на горизонтальных рейках тангенсов и так эти наклонения.

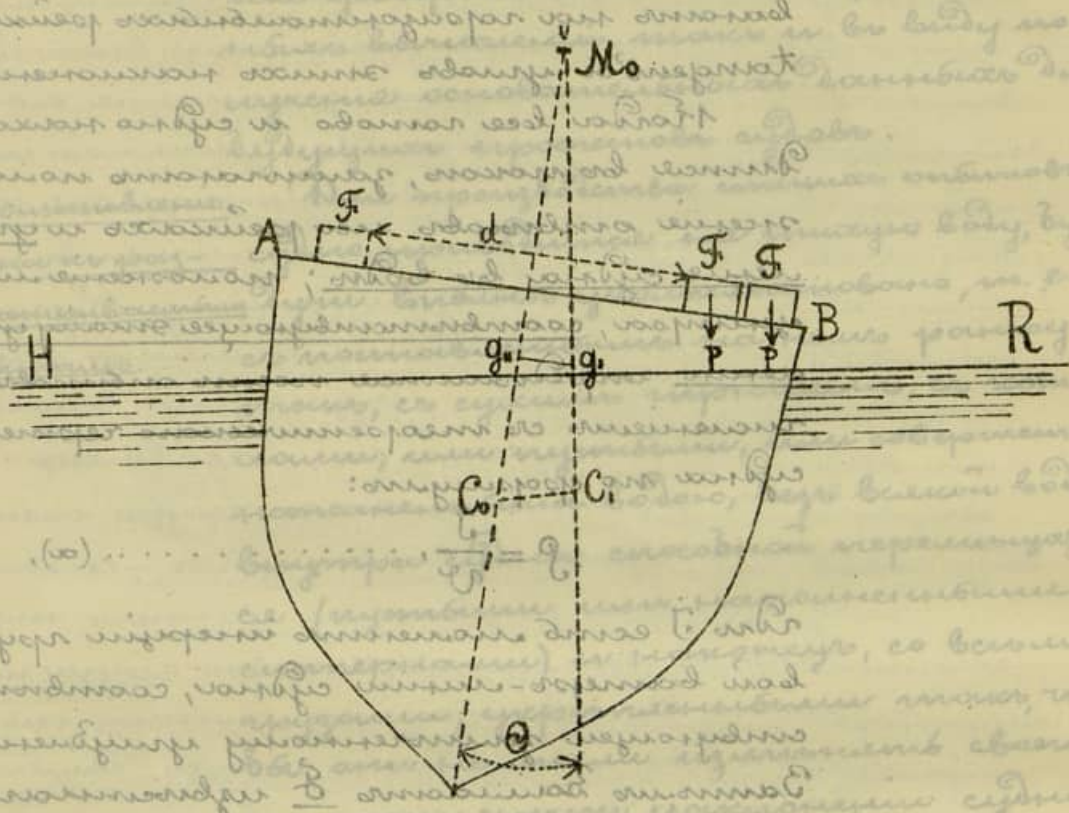
Когда все лавы и судно находится в покое, занимают положение отбыва по рейкам и упирается судна в воду; положение центра, соответствующее этому упирается определенное по отбыва в-тисанием с теоретического чертежа судна по формуле:

$$\rho = \frac{J}{V}, \dots \dots \dots (a),$$

где J есть момент инерции грузовой ватер-линии судна, соответствующий занимаемому упирается. Ватер-линия δ извешенного вися ρ передвигается поперек палубы на извешенное расстояние d . Ватер-линия этого судна поперемещается и приходит в новое положение равновесия, показанное на чертеже.

При этом, на основании законов равновесия, новое положение центра тяжести равно как и центра вешенности должно находиться на прямой M_0C_1 , проведенной по вертикальному направлению через первоначальный метациентр M_0 (фиг. 34). Мы уже знаем, что перемещение g_0g_1 центра тяжести должно было

(спр. 37):



параллельно по направлению параллель-
 ному перемещению киля δ дан-
 ната, т. е. параллельно AB -но-
 мью судна; что касается величины
 перемещения центра тяжести $g_0 g_1$,
 оно находится по формуле (§ 50).

$$g_0 g_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot \dots \dots \dots (1)$$

где $\frac{1}{2}$ есть весь передвигаемый киль
 даната d — величина этого пере-
 мещения и $\frac{1}{2}$ водозатонение или
 весь судна.

Если расстояние метацентра
 Mo от центра тяжести опреде-
 лено по формуле (с), то расстояние
 метацентра К. Вирсенфанда (В.О. 8 и, №1).

М.О. определяются из прямоугольного треугольника М.О.О₁, из которого имеем:

$$\text{tg } \angle \text{О.О.М.О.О}_1 = \text{tg } \theta = \frac{\text{О.О.О}_1}{\text{О.О.М.О.}}$$

$$\text{О.О.М.О.} = \frac{\text{О.О.О}_1}{\text{tg } \theta} = \text{О.О.О}_1 \cdot \text{Cotg } \theta \dots \dots (2).$$

Подставляя во эту равенство вместо О.О.О₁ его величину из равенства (1), окончательно найдем:

$$\text{О.О.М.О.} = \frac{r}{Q} \cdot d \cdot \text{Cotg } \theta \dots \dots (3)$$

Угол θ есть угол наклона, сн.д. $\text{tg } \theta$ тангенс угла наклона рельсов.

Если, что две нити на чертеже сдвинутой точки М.О., а затем и нити сдвинутой точки О.О., должны быть даны на этом чертеже положение центра величина С.О. сдвинутой в прямом положении его.

Примеры
вычисления
разности
М.О.О.

Для примера возьмем сдвинутой в 4000 мм, по нити сдвинутой сдвинутой 60 мм сдвинутой, по 30 мм сдвинутой каждой стороны. Положим также, что 30 мм сдвинутой (3) сдвинутой стороны перемещены на правую, по разности $d = 40$ фунт, и что при этом сдвинутой наклона на 7° . Тогда по формуле (3) найдем

$$(3) \text{ и } (1) \quad \text{О.О.М.О.} = \frac{r}{Q} \cdot d \cdot \text{Cotg } \theta = \frac{30}{4000} \cdot 40 \cdot \text{Cotg } 7^\circ = \frac{3}{10} \cdot 8.144 = 2,43 \text{ фунт.}$$

Литер. Умиде-Камрад Ермак.

Контрольные
наблюдения.

На практике обыкновенно раздвигают домнаста на каждой стороне на две равные клямки и производят 4 наблюдения над наклонением, вызываемыми:

1.) Перемещением одной клямки домнаста со левой стороны на правую.

2.) Таким-же перемещением второй клямки со левой стороны на правую.

Когда эти две клямки перенесены на свои прежние места, тогда отцы домнасты должны вернуться на свои первоначальные места; если же они не возвратились к первоначальным показанием, то это обстоятельство послужило бы указанием на то, что во время наклонений перемещались еще какие-либо другие грузы, кроме домнаста. Таким производят остальные два наклонения.

3.) Перемещением одной клямки домнаста со правой стороны на левую.

4.) Таким-же перемещением другой клямки со правой-же стороны на левую.

По возвращении домнаста на свое место, отцы должны вернуться к первоначальным показанием.

Результаты наблюдений (1) и (3),

а также (2) и (4) должны быть соот-
ветственно одинаковы, если все че-
тыре кинемы замкнутой одинако-
вого веса и если величина перемеще-
ния d одна и та же; на-
клонение в (2) и (4) подмоделих
должны быть в 3 раза или мень-
ше мощности в 3 раза больше та-
ковых же в подмоделих (1) и (3).

Величина Q_{0M} определяется из
каждого опыта и средняя арифме-
тическая из них принимается
за истинную величину мета-
центрической высоты во время
подмоделий.

Таким образом легко полу-
чить метацентрическую высоту
судна в любой момент по плав-
анию, или в каком угодно другом
его состоянии.

Если бы, при наклоне судна,
перемещались и другие грузы, осо-
бенно тяжелые вода, то их мо-
менты в совокупности могли бы
составить значительную ве-
личину в отношении момента
перемещения груза p , т. е. в
отношении $p \cdot d$, а следовательно
и численное количество Q_{0M} .
Можно бы быть менее истинно,
если бы в него не была введена
поправка на перемещение воды.
Несомненно, в момент воды, со-
содня перемещаются на 30 см

маневры судна, доми-бы момент
 в 150 метров-судно, т.е. не мен-
 ше одной восьмой длины, произ-
 водимо движением в пруде-
 делении приливов, если-бы дви-
 жение его не было препятств. во вни-
 мание, то перемещение движущего
 (С) и (1) движущего (30 метров) было-бы приращено
 нахождение около одной восьмой дол-
 же того, какое оно произведено-бы
 само по себе.

Если-бы такая ошибка была
 двукратна, то двукратный пре-
 шенный момент был-бы не 1200
 метров-судно, а $1200 + 150 = 1350$
 метров-судно, а перемещение-
 ресное высота было-бы:

$$H_0 M_0 = \frac{1350}{4000} \times \cos 7^\circ = 2,75 \text{ метра.}$$

Из этого следует, что при
 ошибках этого рода, всякое пре-
 досторожительство не может си-
 мультно изминуться, сим-бы
 было увеличением, а не умень-
 шением другой пруд не перемещает-
 ся, кроме произведенного для произ-
 водства наклонения.

Движением еще, что если-бы
 движущий, сущес. для напре-
 жения судна, было возм. из
 прудов, то под действием вни-
 мания, то сколько центров не-
 жески судна, движущий сим-
 том, должен возм. от

перенесение этих данных обратно
в проект. Если данные были
взяты с веревки, то сдвиг их по
относительно с судна; или произведем
поправку перемещению в направлении
горизонтальной центром тяжести
судна, которую вычислим в зависимости
согласно указанию § 48^{го}.

Крен, промах § 56. Другое полезное приложение
теории отклонения метacentрического способа зафиксировать
перемещение в практическом правиле
различия для определения угла крена, произ-
веденного перемещением груза по-
перек судна.

Из формулы (3^{ей}) § 51^{го}

$$g \cdot M_0 = \frac{p \cdot d}{Q} \cotang \Phi$$

имеем: $\tan \Phi = \frac{p \cdot d}{Q \cdot g \cdot M_0} \dots \dots (4).$

Для примера покажем, что пре-
длагаемое перемещением груза $p = 5$ тонн
на расстояние $d = 30$ футов поперек
судна в 1500 тонн выдвигаете
(Q). Пусть метacentрическая высота
этого судна есть 3 фута; тогда

$$\tan \Phi = \frac{5 \cdot 30}{1500 \cdot 3} = \frac{1}{30} \text{ откуда}$$

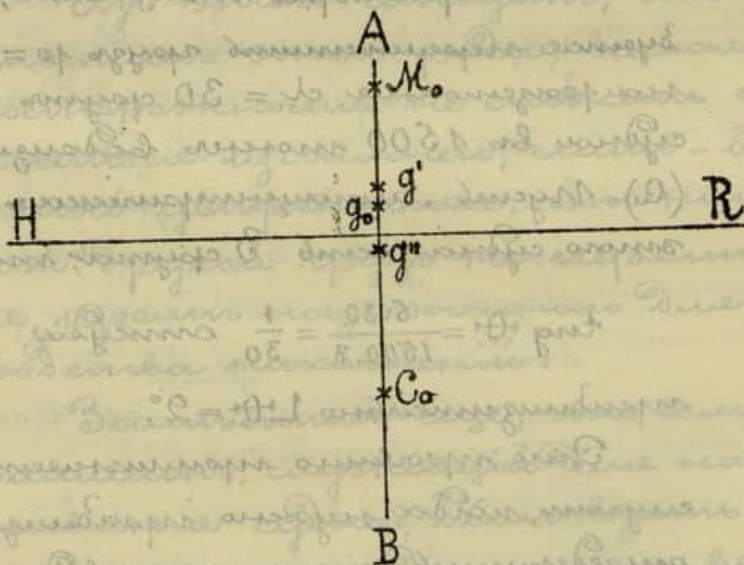
приблизительно $\angle \Phi = 2^\circ$.

Это правило применяется в том
случае, когда нужно приблизительно
определить крен, производимый пе-
редвижением груза с одной сторо-
ны на другую, на малом или на ве-
лом расстоянии, которую можно вы-

такой горизонтальной во внутреннем
направлении судна, когда оно нахо-
дится в среднем положении

Влияние на § 57. Со перемещения вертикаль-
стойчивости того положения груза, находящегося
перемещение груза на судно, изливается конечно.
грузов в вер- только положение центра тяжести
тикальной на- судна (§ 49), а водоизмещение, поло-
жении. жение центра тяжести и водо-
временно метацинуса, очевидно, ос-
таются при этом теми же, тогда
как грузы не прибавляется и не
снимается с него. Такое перемеще-
ние центра тяжести легко можно
быть определено по формуле, введе-
нной в § 49^м.

(H) ... (формула 38).



Пусть на (формула 38) линии HR пред-
ставляет горизонт воды, AB — диамет-
ральную плоскость судна; на ней напе-

сены такой C_0 - центр тяжести, C_0 -
 центр тяжести тяжести судна и M_0 - его
 метацентр. Положив это перемеще-
 ние груза x и y , а разстояние
 от центра тяжести судна до центра тяжести
 груза d ; тогда зна-
 чение x и y найдено, или положе-
 ние груза C_0 найдено, или положе-
 ние центра тяжести судна,
 найдено x и y (по § 4, 9).

$$\frac{C_0 G_1}{Q} = \frac{p \cdot d}{Q}$$

Или Q есть полное водоизмещение суд-
 на.

Если $C_0 M_0$ было первоначальное
 расстояние метацентра над центром
 тяжести, то для угла наклона θ
 не превышающего 15° , т. е. в малых
 углах, для которых примени-
 мый метацентрический способ, най-
 ден: Начальным моментом стати-
 ческой устойчивости $= Q \cdot C_0 M_0 \sin \theta$ (§ 46).

Уменьшением момента статической
 устойчивости $= Q (C_0 M_0 \pm C_0 G_1) \sin \theta$.

В последней формуле знак $+$
 во втором множителе принимается
 тогда, когда грузы поднимаются, потому
 что во этом случае и центр тяжести
 судна передвигается ниже из C_0 в
 G_1 метацентрическое расстояние $M_0 G_0$
 увеличивается и момент $M_0 G_0$, а следовательно и статический момент ос-
 тоячивости также увеличивается; если
 же грузы поднимаются, то за второй
 множитель разрабатываемой фор-

мысли можно представить не сумму, а разность двух количеств $J_0 M_0$ и $J_0 g_1$, т. е. $J_0 M_0 - J_0 g_1$, так как статический момент остается в этом случае уменьшенным и измненное метацентрическое разстояние $M_0 g_1 < M_0 g_0$. Две шпигера возмемь сдво въ 4000 точек водонизмание, ишмное метацентрическое вбсату 3 фута и пологимь, что верхня части ратмуга, вбсание въ однеи плоскости 4 точки, дошмбы ббмь сшжмбы на 70 фута. Тогда возмание центра тяжести т. е. $J_0 g_1 = \frac{4,7}{400} = 0,07$ фута. Начальн. мал. стат. остаймвостм = 12000 $\sin \theta$... тонно-фута.

Измнмный мал. стат. остаймвостм = 12280 $\sin \theta$... тонно-фута.

Метацентр дмь § 58. Пододно тому какь покло-
продолбмься на- сение карамь бблматмь попермьбмь
кшмкшмь. и продолбмьбмь, такь можно и мета-
центричмь бблматмь двмх родов: попе-
рмьбмь и продолбмьбмь.

(248) Дмь бблматмь. Поможение продолбмьбмь мета-
центра нахмдмьсь совершенно так-
же, какь и попермьбмь, только дмь
нахмдмьсь возмание продолбмьбмь
метацентра подь центромь вем-
тмьбмь надо брмьбмь, въ формулмь $\rho = \frac{J}{V}$,
вмьсто попермьбмьбмь моммьнта инер-
ции J произмьбмь отношмьтмьбмь продолбмь-
бмьбмь осмь, ед-же моммьнта инерции J' ,
но отношмьтмьбмь осмь попермьбмьбмь.

Заммьтмьмь ещмь, что пододно то-
му какь попермьбмьбмь метацентрмь M_0
лмьстмь въ дмьаметромьбмьбмь плоскости,
такь и продолбмьбмьбмь метацентрмь M_0

(См. 39.)

находится в поперечной плоскости, проходящей через центр тяжести и центр величины судна. Вертикальное линие, образуемое пересечением этих двух плоскостей, называется линией поддержания; на этой линии находится центр тяжести судна C , его центр величины C_0 , поперечный метацентр M и продольный метацентр M' (Фиг. 39). У подводных судов, имеющих шаровую плавучесть, линией поддержания, его центр тяжести, его центр величины, поперечный метацентр и продольный метацентр совпадают с центром величины. Две продоль-

Замечки по Теоріи Кордзестуація

Морского Кадетского Корпуса.

о радиостроении
о Копунов.
Дмитрий Степанович Копунов 1922

исетного вычисления высоты прядов-ного мостового центра (о том же и по-решено) над центром величины-можно руководствоваться следую-щими соображениями.

Упрощенное выражение про-должного момента инерции прудовой, коих мы видим в статье о мо-ментов инерции, есть следующее:

$$I = 12 b l^3,$$

где b есть поперечный коэффициент опре-деленный опытом.

b есть поперечная ширина суд-на

l^3 есть куб длины между перпен-дикулярами.

Упрощенное выражение водоизме-щения по объему есть:

$$V = C b l h,$$

где C — коэффициент пропорциональ-ности.

b — поперечная ширина.

l — длина между перпендикуля-рами.

h — углубление мидель-штанговым судна.

Произведение $b l h$ есть объем куба, длина которого равна длине судна, ширина равна поперечной ширине его, а высота равна углублению ми-дель-штанговым. Коэффициент C по-казывает какую часть от этого объема надо взять, чтобы получить объем подводной части судна.

Расстояние метacentра над центром величины, вычисляемое по формуле $\bar{J} = \frac{J}{V}$, если подстановки вместо $\bar{J}$ и V их величины выразятся след. формулою:

$$\bar{J} = \frac{\kappa \cdot b \cdot l^3}{C \cdot b \cdot l \cdot n} = \frac{\kappa}{C} \cdot \frac{l^2}{n}$$

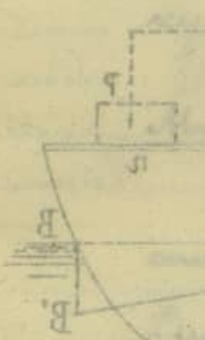
Если назовем отношение $\frac{\kappa}{C}$ через η , то получим:

$$\bar{J} = \eta \cdot \frac{l^2}{n} \dots \dots \dots (5).$$

Коэффициент η определяется опытом и принимается для судов обтекаемой формы равным 0,1, а для судов полного обтравливания принимается от 0,08 до 0,09.

Указавшим еще, что центр величины можно считать ниже ватер-линии приблизительно на расстоянии от $\frac{2}{5}$ до $\frac{3}{20}$ среднего углубления, хотя на легких и на судах с очень широким килем центр величины может отстоять от грузовой линии на $\frac{1}{3}$ среднего углубления.

Высота продольного метacentра над центром величины у военных судов несомненно разнится от длины самого судна между носовым и кормовым перпендикулярами.

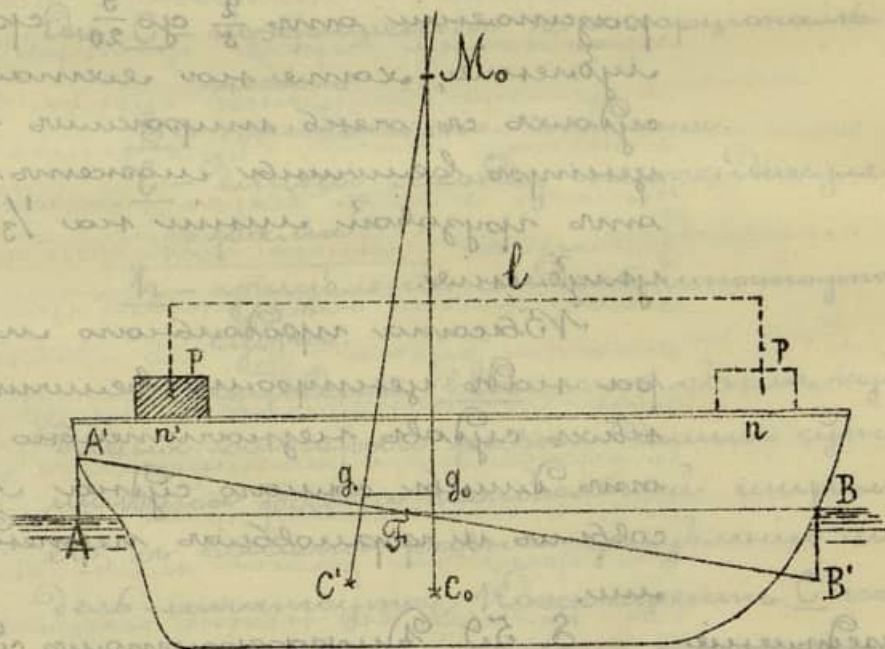


Определение § 59. Дифференциал судна на
изгибании называется разность углублений в
переноса судна в нос и корму его. Если раз-

вследствие про- ность эта равна нулю, то говорится,
должно-гару- что судно сидит на ровный киле.
таибнао пере- Ноо перемного дифференциала
мущение про- разультатъ сумму измѣненій углуб-
заво. лений оконечностей судна. Положимъ

напряженье, что какое-нибудь судно
сидитъ въ водѣ носомъ 23 фута, а
кармю -- 26 футовъ; дифференциалъ его
равенъ 3 футамъ на кармю. Поло-
жимъ также, что осадка его измѣ-
нилась такъ, что оно углубилось
носомъ до 24 футовъ а кармю до
25 футовъ; происшедшая при этомъ
перемного дифференциала будетъ два
фута, потому что оно имѣетъ
теперь дифференциалъ на кармю толь-
ко одинъ футъ.

(срав. 40.).



Пусть на (фиг. 40) AB изобразим ватер-линию на ровный киль, а $A'B'$ ватер-линию со данным дифферентом; тогда дифференциал судна, равный разности углублений кормы и носа будет

$$AA' + BB' = \delta,$$

(F) которую мы означим через δ .

M_0C_0 — есть линия поддержания, соответствующая положению судна на ровный киль, а

(B) (F) M_0C_1 — линия поддержания, соответствующая положению судна со данным дифферентом;

очевидно что линия M_0C_1 перпендикулярна к $A'B'$.

Когда судно не имеет дифферента, то центр тяжести его находится в G_0 ; от передвижения груза P из M_0 в положение N на расстоянии L сдвиг N в положение N' произведет дифферент на корпус, и вследствие той же причины центр тяжести судна перемещен в точку G_1 .

Из подобных треугольников $M_0G_0G_1$ и $AA'D'$ имеем:

$$M_0G_0 : G_0G_1 = AA' : DD',$$

$$\text{откуда } DD' = \frac{G_0G_1 \cdot AA'}{M_0G_0} \dots \dots \dots (6).$$

где AA' — есть длина кормовой части ватер-линии от центра тяжести ее; M_0G_0 — возмещение продольного метацентра над центром тяжести.

Если водонизмещение судна назовем Q то по § 49 им.

$$g_0 g_1 = \frac{10 \cdot l}{Q} \cdot \dots$$

и тогда формула (6) представляется в следующем виде:

$$D D' = \frac{10 l}{Q} \cdot \frac{F D}{M \cdot g_0} \dots \dots \dots (7).$$

Подобным же образом выведем и

$$B B' = \frac{10 l}{Q} \cdot \frac{F B}{M \cdot g_0} \dots \dots \dots (8).$$

Сложив соотношения (7) и (8) получим:

$$D D' + B B' = \delta = \frac{10 l}{Q} \cdot \frac{(F D + F B)}{M \cdot g_0};$$

но $(F D + F B)$ есть длина судна между перпендикулярами; назвав ее Z найдем:

$$\delta = \frac{10 \cdot l}{Q} \cdot \frac{Z}{M \cdot g_0} \dots \dots \dots (9).$$

Может, что формула (9) имеет смысл как две определения диспропорциона судна, тогда и две определения перемещения его диспропорциона.

Возьмем, что D D' тогда можно считать быть равным $\frac{1}{2} \delta$, когда $F D = F B$, но в действительности судно имеет неестественную форму и находится не в равновесии.

Взяв за пример формулы (9). Для примера возьмем английский броненосец „Warrior“, у которого, при грузе 25 тысяч, длина Z = 380 фт., возведение продольного мета-

(10) $M_{ог} = 475$ ф., перемещаемый груз $p = 20$ тонн и продольное перемещение $l = 100$ футов; водонизмещение "Warrior" 8625 тонн.

дифференциал $\delta = \frac{20 \cdot 100}{8625} \cdot \frac{380}{475} = 0,186 \text{ фута} = 2\frac{1}{4}''$.

Если перемещение груза совершается не по горизонтальному направлению, то очевидно, что для определения дифференциала судна, надо брать за l горизонтальную проекцию истинного перемещения. На практике обыкновенно определяют величину „момента перемещения груза изыскательского дифференциала на один дюйм“, когда судно находится по грузовому ватерлинии; и тогда принимают без особой погрешности, что для перемещения дифференциала в пределах со 2^м и даже 3^м футов, момент, предшествующий для перемещения дифференциала на известное число дюймов, будет пропорционален моменту, изыскательскому дифференциалу судна на один дюйм, т. е. будет во столько-же раз больше указанного, во сколько данное число дюймов изыскательского дифференциала больше одного дюйма.

Данное во выражении (9) дифференциал в δ футов дифференциала в 1 дюйм, т. е. $\frac{1}{12}$ футов, получим:

(11) $M_{ог} = 475$ ф.

$$1^2 = \frac{1}{12} \rho \cdot \frac{Z}{M_0 g_0}$$

$$\text{откуда } \rho \cdot Z = \frac{12}{g_0 M_0} \dots \dots (10),$$

что и представляет величину момента ($\rho \cdot Z$), изгибающегося диспергента на один дюйм.

Мы уже видели, что для военных судов $\frac{g_0 M_0}{Z}$ почти равно $\frac{1}{12}$ дюйма судна; если мы примем $\frac{g_0 M_0}{Z} = \frac{1}{12}$, то

$$\frac{g_0 M_0}{Z} = 1 \text{ и слѣд.}$$

приблизительно $\rho \cdot Z = \frac{12}{g_0}$, или момент, необходимый для изгибания диспергента на один дюйм, т. е. произведение изгиба передвигаемого груза на величину перемещения, почти равен (в тоннах) одной двенадцатой водоизмещения судна (в тоннах).

Вычисление площадей ватерлинии и многоугольнов 1) по способу трапеций, 2) по первой формуле Симпсона (правило Нисселя) и 3) по второй формуле Симпсона. Вычисление водоизмещения судна по чертежу.

§ 60. Мы уже видели не раз в разрозненных наших вопросах теорию Корректирования и необходимые качества судна, как понадо-

литрасное Н. Куржесейда (В. О. 8 и. № 1.).

Длино униты въчисленъ тѣмъ же
грузовой ватер-линии и водонит-
цение судна; такъ напримеръ мы
видимъ, что тѣмъ же грузовой ва-
тер-линии необходимо было знать,
когда мы опредѣлили перемѣненіе
центра величины, происшедшее вѣдѣ-
тельное приёма на судно новыхъ гру-
зовъ, или расходование старыхъ.

Кромѣ того, почти во вся сор-
мѣхъ предвѣдѣнныхъ пароправовъ
вѣдно водонитцение судна по объ-
му, или вѣсъ его; для въчисленія же
водонитцения, какъ увидимъ ниже,
необходимо знать тѣмъ же разни-
ныхъ ватер-линий, проведенныхъ
на разныхъ глубинахъ подводной
части судна и проч. и проч.

Тѣмъ же какъ подводная поверх-
ность судна образовывается, обыкновенно
кривыми линіями, вѣдѣрен-
ными и соизмѣрившими по тѣмъ
и тѣмъ въ равныхъ случаяхъ кривые
эти линіи строго геометри-
ческіе очертанія, то есть, могутъ
быть въчислены аналитическими
уравненіями, то, для въчисленія
элементовъ подводной поверхности,
приходится всегда пользоваться
приближенными формулами. Сте-
пень приближенія находится въ
зависимости вѣдѣно отъ нашего
произвола; а потому съ этой сто-
роны могутъ быть удовлетворены

Вѣдѣно Вѣдѣно Вѣдѣно Вѣдѣно

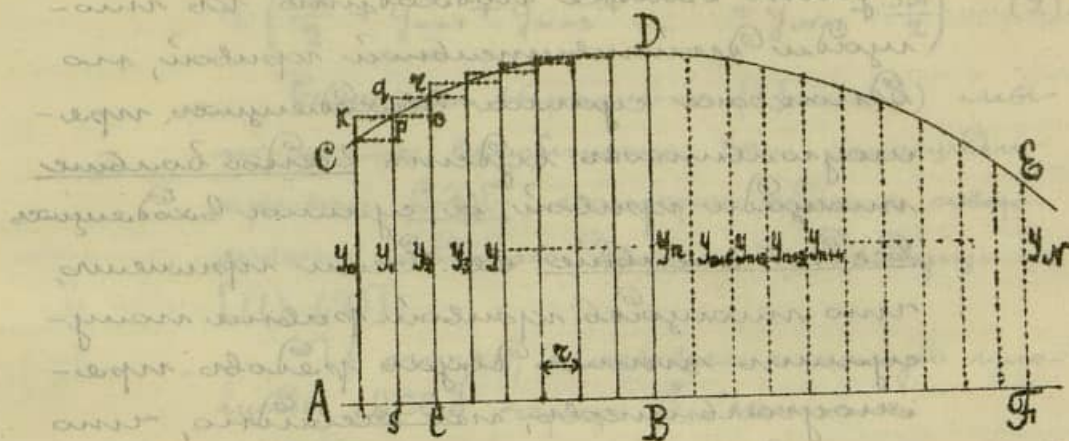
произвольные предположения и формулы, не смотря на свою приближенность, могут быть приняты достигнутыми своей целью. Существует несколько методов для производств самих вычислений площадей кривых и одних подводящих частей кривой, которые мы и рассмотрим по порядку их сложности.

Разнообразные случаи, которые встречаются при этом, почти всегда приводятся к вычислению площади, заключенной между кривою и прямою и осью абсцисс и кроме того ограниченной с боков двумя ординатами.

Способ трапеций. Предположим, что требуется вычислить площадь ABCD (фиг. 41), ограниченную произвольною кривою CD двумя ординатами y_0 и y_1 и осью абсцисс AB. Разделим прямую AB на n равных частей и через точки деления проведем ординаты $y_1; y_2; y_3$ и т.д.

Затем через точки пересечения этих ординат с кривою проведем горизонтальные прямые так, чтобы, каковы бы ни были. Таким образом мы разобьем площадь, заключенную между ординатами, на прямоугольники, которые все вместе будут совершенно равно

(Фиг. 41).



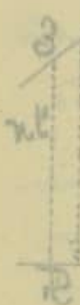
ординатами: y_0, y_1, y_2, y_3 и т.д.

Все прямоугольники на (Фиг. 41) могут быть раздвинуты на два разряда, так как одни из них, в роду $qrst$ образуются продолжением ординат выше очертающей кривой CD , а другие — лежат внутри этой кривой, как например прямоугольник $pots$. Назовем первые прямоугольники выходящими, а вторые входящими. Если длина одного деления линии AB будет x , то площадь выходящих прямоугольников выражается следующим образом:

$$xy_1; xy_2; xy_3; xy_4 \dots \text{и т.д.}$$

Подобным же образом площади входящих прямоугольников будут

$$xy_0; xy_1; xy_2; xy_3 \dots \text{и т.д.}$$



Чтобы число делений основной ин-
тии ДВ. будет больше, тем сум-
ма каждой из этих двух строк
будет вместе подходить к мо-
щности действительной кривой, но
однакоже сумма выходящих пре-
моугольников будет всегда больше
мощности кривой, а сумма входящих
всегда меньше ее. Если примем,
что мощность кривой равна полу-
сумме этих двух рядов пре-
моугольников, то очевидно, что
при увеличении числа ординат,
мы будем всегда ближе к ис-
тинной. И так, составив мо-
щности всех парабол, пред-
ставляющих, а затем всех вы-
ступающих, тогда получим сле-
дующие две суммы:

$$1) \dots y_1 + y_2 + y_3 + \dots y_{n-1} + y_n$$

$$2) \dots y_0 + y_1 + y_2 + \dots y_{n-2} + y_{n-1}$$

Взяв сумму этих двух вы-
ражений и разделив ее на 2, полу-
чим искомого мощность нашей кривой,
которая таким образом бу-
дет очевидно равна

$$x \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) \dots (1)$$

Если рассматриваемая кривая
кроме восходящей ветви СД имеет
и нисходящую ветвь ДЕ, тогда
мощность, ограниченная нисходящей

вытвѣсно, мы получимъ выраженіе совершенно сходное съ предлагаемымъ, а именно:

$$r \left(\frac{y_n}{2} + y_{n+1} + y_{n+2} + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) \dots (2).$$

Сложивъ выраженіе (1) и (2) мы получимъ выраженіе всей площади кривой СДЕ, которое будетъ совершенно подобно двумъ предлагаемымъ [(1), (2)].

И такъ, называя искомую площадь ДСЕД черезъ S, имеемъ:

$$S = r \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_n + y_{n+1} + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) \dots (3)$$

что можно выразить слѣдующимъ образомъ: Площадь любой кривой, раздѣленной равноотстоящими ординатами, равна полушуму крайнихъ ординатъ, сложенной съ суммою вѣсѣ остальныхъ ординатъ и помноженной на общее разстояніе между ними.

Много-же результатовъ можно достигнуть, если вѣсѣ вычисленны полушумъ площадей входящихъ и выходящихъ прямоугольниковъ, или принять дуги Ср, рв и т.д., за прямые линіи, а площади податвѣ ДСрв за площади трапецій и найдешь ихъ сумму. Въ составѣ дугъ вѣсѣ каждой изъ этихъ трапецій, т. е. разстояніе между параллельными сторонами каждой изъ нихъ, есть ничто иное какъ разстояніе между ординатами, т. е. r; поэтому

площадь первой трапеции, например, будет:

$$\frac{y_0 + y_1}{2} \cdot \tau$$

Площадь второй: $\frac{y_1 + y_2}{2} \cdot \tau$

третьей: $\frac{y_2 + y_3}{2} \cdot \tau$ и т.д.

Сумма площадей всех этих трапеций даст искомого площадь S :

$$S = \tau \left(\frac{y_0}{2} + \frac{y_1}{2} + \frac{y_1}{2} + \frac{y_2}{2} + \frac{y_2}{2} + \frac{y_3}{2} + \frac{y_3}{2} + \dots + \frac{y_n}{2} \right),$$

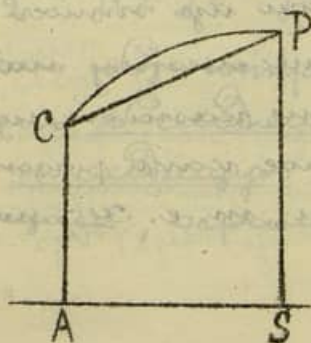
или по приведению подобных слагаемых:

$$S = \tau \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + \dots + \frac{y_n}{2} \right) \dots (3),$$

т. е. получаем ту-же формулу (3).

На этом собственно основании приведенный способ вычисления площадей кривых и носит название способа трапеций, и если бы и указать первый прием введения посредством входящих и выходящих прямоугольников, то именно это только ради единства метода, который будет применяться также при вычислении водопитания судо, по упомянутому теоретическому чертежу его.

(Фиг. 42.)



Возмем, что, применяя к вычислению вместо трапеции ΔCPO части кривой CP — площадь трапеции ΔCPO , мы

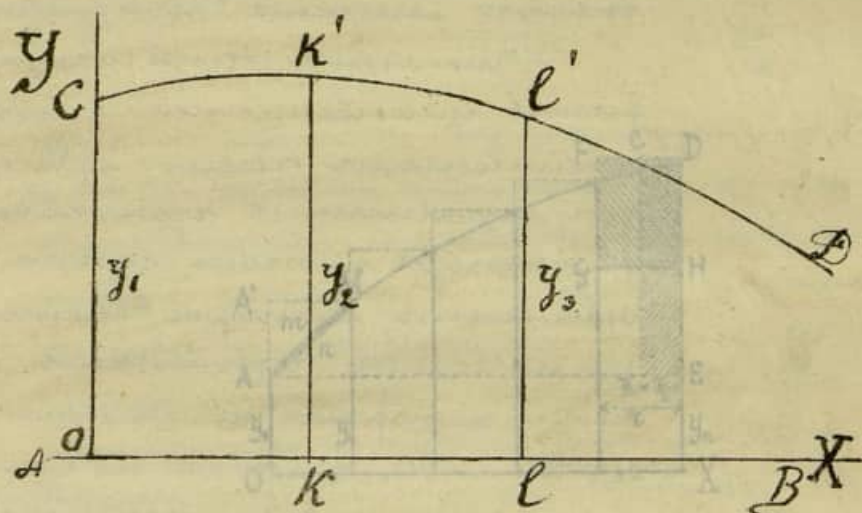
отрастываение точек исконной кривой, ограничивая кривой C_p и хордой C_p , т. е. искомое подобие, даваемое погрешностью, вращаемую этой площадью. Таким как подобная погрешность повторяется во каждом отрезке площади нашей кривой, то в сумми эти погрешности, при неабсолютном численном, могут достигнуть существенной величины т. е. в вычислительной площади будет значительное увеличение действительной.

Может быть, что общее погрешность уменьшается влечет ее увеличением числа ординат, но на практике приходится ограничиваться только тем числом ординат, которое дается на теоретическом чертеже сфиды и число которых колеблется между 10, 20 и 30, смотря по величине сфиды. Можно было бы, конечно, провести дополнительные ординаты, но считать было бы неудобнее прибавить к более точному увеличению площадей при том же данном числе ординат. Но своей общей известности среди многочисленности и разнообразных форм, сущность для этой цели, первое место занимают две формулы Симпсона, вводящие которые мы и займемся.

Первое правило
Винтаса.

§ 61. Первое правило, или Винтаса, имеет следующее основание. Пусть предуге-
данным образом ДЦ кривой CD (фиг. 43). Вдоль оси Д
попавшим (в точку к); из точки к проведем
ординату кк' и означим орди-
наты ДС, кк' и л'л' соответственно.

(фиг. 43)



но через y_1, y_2, y_3 , а расстояние
между ними через x . Для даль-
нейших вычислений Винтаса пред-
полагает, что кривая Ск'л', т.е.
часть кривой CD, совпадает со
параболой второго порядка (т.е.
выражаемая уравнением второй
степени), если бы эту параболу

прямую, проведенную через три точки C , C' и C'' ,
взятые на данной кривой CD , кроме
того предполагая, что ось этой па-
раболы параллельна ординатам. За-
метим, что параметры параболы
второй степени определяются, если
координаты трех ее точек известны,
поэтому тому кону параметра прямой
определяется координатами
двух ее точек; поэтому-то мы
и взяли именно три точки на
данной кривой. Притом же выстро-
имую кривой CD' можно упоми-
нуть параболу, или конечно ответ
дадим параболу, но, при той-
же близости ординат, способ тра-
пеций даст более точное прибли-
жение, что вытекает из того и
даст окончательное превосходство
правильной Симпсона.

Одним видом уравнений параболы
2^{го} порядка, отнесенной к прямо-
угольным осям координат, есть

$$y = a + bx + cx^2 \dots \dots \dots (4).$$

Для ось X предполагается па-
раллельною по основной линии AB ,
а ось параболы — параллельною орди-
натам. Когда координаты, при
использовании одними видами уравне-
ние, может быть взято для удоб-
но, но возмем его в точки A .

Если мы какую угодно ординату
кривой назовем через y , а соответ-

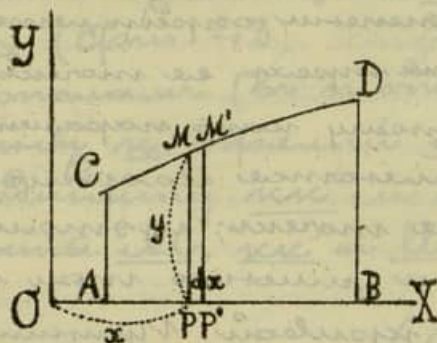
Вопрос по теории Координат.

Моржано Надеждино Корнуса.

Лист 13.
Лейб-Книжка Брем

связанную этой ординатой абсциссу
через x , то приращение абсциссы
будет dx . (Фиг. 44). Безконечно

(Фиг. 44).



узкое по-
мощие $PMMP'$

выразится,
очевидно, произ-
ведением
 $y \cdot dx$. Если

мы возьмем
сумму без-
конечно-мало

того числа
таких без-
конечно-мало

рых мощностей и при этом в
предделах от $x = OA$ до $x = OB$,
то получим полную площадь $ACDB$
кривой CD . Но предельная
безконечно-малая величина, из
которых каждая есть вели-
чина безконечно-малая, есть нечто
иное как интеграл от функции,
выражающей рассматриваемую
безконечно-малую величину.

$$\text{Площадь площади } ACDB = \int_{x=OA}^{x=OB} y \cdot dx \dots (5).$$

В этом виде интеграл еще не
может быть взят, так как неиз-
вестно каким образом y выра-
жается в зависимости от x . Как
только эта зависимость будет дана,
то интеграл может быть взят

без затруднений и искомае тогда
уаааа определится.

Въ нашемъ случаѣ зависимость y^a
отъ x^a дается уравненіемъ (14), кото-
(B) рое въ высшей степени пороаау второго по-
рѣдка. Слѣдовательно, чтобы получить
поаааа $ACll'$ (ср. 40), остается только
во уравненіе (5) подставить вместо
 y его величину и далее поступать
по правиламъ интегрального исчисле-
ніе

Можно образамъ имѣемъ:

$$\text{поааа } ACll' = \int_{x=0}^{x=2r} (a + bx + cx^2) dx \dots (6)$$

Въ предѣлахъ интеграла сума 0 и $2r$,
потому что точка A совпадаетъ
съ началомъ координатъ 0 , а точка
 B удалена отъ начала координатъ
на разстояніе $x = 2r$.

Изъ интегрального исчисления из-
вѣстно, что, для нахождения опре-
дѣленнаго интеграла, надо прежде
найти неопредѣленный интегралъ,
(C) въ найденную функцию подставить
какого-нибудь предѣла, зрѣтливо-
мнѣній, и изъ перваго результата
вычесть послѣдній. Остается зна-
чить найти неопредѣленный интегралъ:

$$(II) \quad \int (a + bx + cx^2) dx = \int (a dx + bx \cdot dx + cx^2 dx) \dots (7)$$

но интегралъ отъ суммы равенъ сум-
мѣ интеграловъ, слѣдовательно:

$$\int (a \cdot dx + bx \, dx + cx^2 \, dx) = \int a \, dx + \int bx \, dx + \int cx^2 \, dx =$$

$$= a \int dx + b \int x \, dx + c \int x^2 \, dx \dots \dots \dots (8),$$

где числовые множители a, b и c
уже известны за задан интервал.

Можно найти:

$$a \int dx = ax + C$$

$$(8) \dots \dots \dots b \int x \, dx = \frac{bx^2}{2} + C'$$

$$c \int x^2 \, dx = \frac{cx^3}{3} + C'',$$

$$\text{то } \int (a + bx + cx^2) \, dx = ax + \frac{bx^2}{2} + \frac{cx^3}{3} + C + C' + C'',$$

где $C + C' + C''$ можно было соединить
в одну числовую величину K и т.д.

$$\int (a + bx + cx^2) \, dx = ax + \frac{bx^2}{2} + \frac{cx^3}{3} + K \dots \dots (9).$$

Подставив в уравнение (6) вместо мно-
жителя числа вместо раствора уравне-
ние (9) получим:

$$(7) \dots \dots \dots \text{Итого } dV = \left(ax + \frac{bx^2}{2} + \frac{cx^3}{3} + K \right) \dots \dots \dots (11)$$

$x = 2r$
 $x = 0$

Подставив указанные пределы, и
получим в упомянутом уравнении

интегрального почисления, получим:

$$= \text{Многочлен } \Delta C' C' = 2ax + 2bx^2 + \frac{8}{3}cx^3 \dots (12).$$

Здесь уже постоянные произвольные не вхаживают.

Многочлен можно было бы считать значением определенного, если бы нами были известны, (количество x дано). Тогда определим эти три коэффициента при неизвестных в уравнении параболы (см. уравн. 4), нами надо найти три уравнения, которые легко получить из того-же уравнения (4). Для этого дадим независимым x значения равные 0, x и 2x, тогда получим соответственно этим независимым данным по вертикали ординаты y_1, y_2 и y_3 (см. рис. 1); уравнение-же (4) соответственно каждому из значений x примет вид:

$$\text{При } x=0; \quad y_1 = a \dots \dots \dots (\alpha).$$

$$\text{При } x=x \quad y_2 = a + bx + cx^2 \dots \dots \dots (\beta).$$

$$\text{При } x=2x \quad y_3 = a + 2bx + 4cx^2 \dots \dots \dots (\gamma).$$

Итак эти три уравнения относительно a, b и c найдем:

$$a = y_1$$

$$b = \frac{4y_2 - y_3 - 3y_1}{2x}$$

$$c = \frac{y_1 - 2y_2 + y_3}{2x^2}$$

Получившие многочлен $\Delta C' C'$ через Δ_1 ,

и подставим в уравнение (12) вместо чисел a, b и c найденные величины, получим:

$$\Delta_1 = 2y_1 r + (4y_2 - y_3 - 3y_1) r + \frac{1}{3}(y_1 - 2y_2 + y_3) r;$$

раскрываем скобки, соединим подобные члены и возьмем $\frac{1}{3} r$ за скобки, получим:

$$\Delta_1 = \frac{1}{3} r (y_1 + 4y_2 + y_3) \dots \dots \dots 1^{\text{я}} \text{ площадь}$$

Вспомогательное уравнение (A), (B) и (Г) решим тем же способом. Для этой цели преобразуем выражение площади $\Delta b'c \dots$ (12) возьмем за него за скобки общий множитель $\frac{r}{3}$; тогда получим:

$$\text{т. е. } \Delta b'c = \frac{r}{3} (6a + 6b + 8c^2); \dots \dots (13)$$

а затем, умножив уравнение (B) на 4 и сложив полученный результат с уравнениями (A) и (Г), получим:

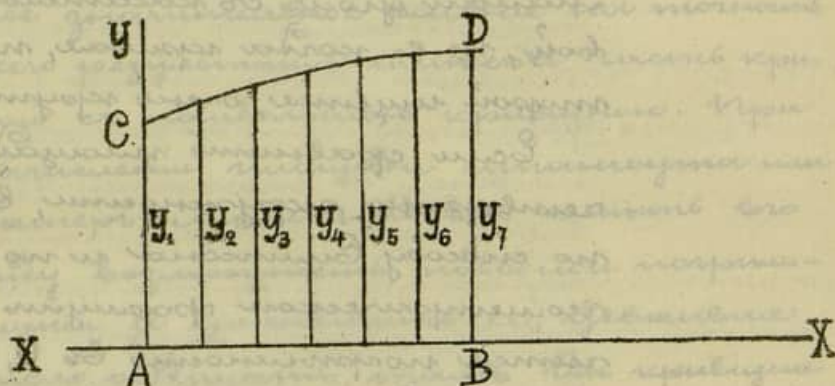
$$y_1 + 4y_2 + y_3 = 6a + 6b + 8c^2,$$

и следовательно

$$\text{т. е. } \Delta_1 = \frac{r}{3} (y_1 + 4y_2 + y_3).$$

Если затем площадь ограниченного сечениями троса ординатами, (см. 15) т. е. y_3, y_4 и y_5 назовем через Δ_2 , то для нее получим выражение ее площади в за-

(рис. 45).



высоты от ординат, которое будет совершенно подобно предыдущему. Таким образом можем написать:

$$\Delta_1 = \frac{1}{3} \tau (y_1 + 4y_2 + y_3) \dots\dots 1^{\text{я}} \text{ площадь}$$

$$\Delta_2 = \frac{1}{3} \tau (y_2 + 4y_4 + y_5) \dots\dots 2^{\text{я}} \text{ площадь}$$

$$\Delta_3 = \frac{1}{3} \tau (y_3 + 4y_6 + y_7) \dots\dots 3^{\text{я}} \text{ площадь}$$

.....
.....

$$\text{Площ. } ACDB = \sum \Delta = \frac{1}{3} \tau (y_1 + 4y_2 + 2y_3 + 4y_4 + 2y_5 + 4y_6 + y_7) \dots\dots (13)$$

$$\text{или площ. } ACDB = \frac{1}{3} \tau [y_1 + y_7 + 4(y_2 + y_4 + y_6) + 2(y_3 + y_5)] \dots\dots (14)$$

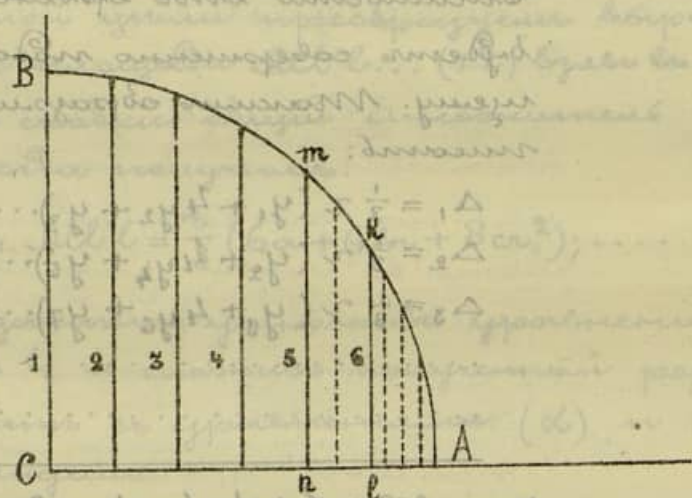
Итак, по первому правилу Симпсона искомое площадь равна: сумма крайних ординат, умножь тетраэдрическое
сумма четных ординат и умножь
двуэдрическое сумми перетнись ординат.

Поправки
правил Симп-
сона.

Первое правило Симпсона дает довольно погрешность, когда равностопные ординаты составляют малый угол с касательными к кривой, т.е. когда кривая, площадь которой ищется, очень крута.

Если сравнить площади той-же четверти окружности, вычисленные по способу Симпсона и по известной геометрической формуле $\frac{\pi r^2}{4}$, то получится погрешность в 0,01, при условии, что для вычисления площади $\frac{1}{4}$ ок-

(фиг. 46.)



окружности раздлена по C площадью (фиг. 43), если вычислить отдельно площадь CBmn и mnd, удвоив предварительно число ординат части mnd по ошибке будет равно $\frac{1}{2.50}$ и наконец, если площадь klnd вычислить отдельно, то удвоив число ординат

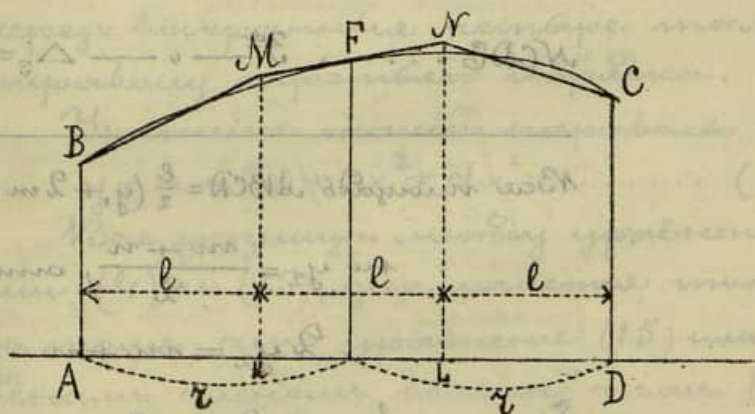
Из поправки к. Виркенланд (В.О. 8а, №1.).

расши $\frac{1}{600}$, то погрешность составит
только $\frac{1}{600}$.

Этот пример показывает, какое громадное влияние на точность всего результата имеет расчёт кривой с подобными кривизнами. При вычислении площади многоугольника и вычеркивании подобно мы имеем возможность подобной погрешности и уменьшаем ее, заменяя число ординат, тем же для кривизна кривой велика.

Легко видеть, что первое правило Симпсона даёт возможность вычислять площадь, если число ординат даны для вычисления есть нечётное.

Вывод первый Первое формула Симпсона по формуле Симпсона будет введена для наглядности по способу Рунге, так как геометрически оно не совсем (Ponzelet) совпадает (рис. 47). По этому (рис. 47).



Здесь мы показали, что формула Симпсона даёт возможность вычислять площадь, если число ординат даны для вычисления есть нечётное.

способу основные линии AD делится на три равные части; из точек деления K и L возмемовенные перпендикуляры до пересечения с касательного MN, точка касания которой есть E. Точки M и N соединяем с точками B и C. Даны все элементы вписываемые при помощи трех полученных пропорций: ABMK, KLMN, NLCD. Даны способы деления боковой стороны на три части пропорций (§ 56), потому что линии MB и NC будут касаться надкрышки, а касание под крыло и таким образом с помощью измерения угла наклона пропорционально.

Итак, получая свободные пропорции ME и NE соответственно m и n, а разделение ME = KE = EL через l, имеем:

$$ABMK \dots \dots 1^{\text{я}} \text{ пропорция } \Delta_1 = \frac{y_1 + m}{2} l$$

$$MKNC \dots \dots 2^{\text{я}} \text{ — — — } \Delta_2 = \frac{m + n}{2} l$$

$$NCDE \dots \dots 3^{\text{я}} \text{ — — — } \Delta_3 = \frac{n + y_3}{2} l$$

$$\text{Все пропорции } ABCD = \frac{l}{2} (y_1 + 2m + 2n + y_3),$$

$$\text{то } y_2 = \frac{m + n}{2}, \text{ откуда}$$

$$2y_2 = m + n \text{ и}$$

$$\delta) \dots \dots 1 + y_2 = 2m + 2n; \text{ кроме того}$$

$$2\alpha = 3l, \text{ откуда}$$

$$l = \frac{2\tau}{3} \text{ и}$$

$$(\varepsilon) \dots \dots \dots \frac{l}{2} = \frac{\tau}{3}$$

Подставляя выражение (δ) и (ε) в формулу площади ABCD, получим:

$$\text{Площадь } ABCD = \frac{\tau}{3} (y_1 + 4y_2 + y_3),$$

т. е. такое, что мы уже имели при вводе формулы Симпсона для первой площади Δ_1 .

Второе правило Симпсона.

§ 62. Второе правило Симпсона

Дает возможность вычислить площадь, ограниченную кривою 3^{го} порядка, т. е. выражаемую уравнением 3^й степени. Значения ее 4^х параметров определяется уже не тремя точками, а четырьмя; поэтому на данной кривой, подобно предыдущему, выделим 4 точки, лежащие в пересечении этой кривой с некоторыми какими-либо равноотстоящими ординатами, и проведем через взаимные четыре точки параболу третьего порядка.

Уравнение такой параболы есть:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \dots \dots \dots (15).$$

Все различия между уравнениями (4) и (15), заключается только в том, что уравнение (15) имеет один членов, больше, чем (4). Все дальнейшее разуждение совершенно аналогично с предыду-

ним, поэтому мы еще повторить не станем.

Формула площади, вытекающая из уравнения (5) определенным интегралом:

$$\int_{x=0}^{x=3r} y \, dx,$$

представится в данном случае в виде

$$\int_{x=0}^{x=3r} y \, dx,$$

где пределы интеграла суть очевидно 0 и $3r$, точка 0 ось y предполагается по простому соображению с ординатой OC (рис. 40), а число ординат, необходимое для определения первой площади, которую назовем отрезком Δ , есть 4, введение чего другая крайняя ордината удаляется от начала координат O на расстояние равное $3r$.

Подставив в последний интеграл вместо y его величину из уравнения (15), имеем:

$$\Delta = \int_{x=0}^{x=3r} y \, dx = \int_{x=0}^{x=3r} (a + bx + cx^2 + dx^3) \, dx, \text{ то}$$

$$\int_{x=0}^{x=3r} (a + bx + cx^2 + dx^3) \, dx = \int_0^{3r} a \, dx + \int_0^{3r} bx \, dx + \int_0^{3r} cx^2 \, dx + \int_0^{3r} dx^3 =$$

$$= 3ar + \frac{9}{2} br^2 + \frac{27}{3} cr^3 + \frac{81}{4} dr^4 \dots \dots \dots (16).$$

Для определения коэффициентов a, b, c и d , полагаем:

$$1) \text{ При } x=0; y_1 = a$$

$$2) \text{ — } x=r; y_2 = a + br + cr^2 + dr^3$$

$$3) \text{ — } x=2r; y_3 = a + 2br + 4cr^2 + 8dr^3$$

$$4) \text{ — } x=3r; y_4 = a + 3br + 9cr^2 + 27dr^3$$

Подставив вместо a ординату y_1 (из уравнения 1) в уравнения 2), 3), 4), получим

$$y_2 = y_1 + br + cr^2 + dr^3$$

$$y_3 = y_1 + 2br + 4cr^2 + 8dr^3$$

$$y_4 = y_1 + 3br + 9cr^2 + 27dr^3$$

Или, имея эти три уравнения, найдем:

$$br = \frac{18y_2 - 9y_3 - 11y_1 + 2y_4}{6}$$

$$cr^2 = \frac{-5y_2 - y_4 + 4y_3 + 2y_1}{2}$$

$$dr^3 = \frac{3y_2 - y_1 - 3y_3 + y_4}{6}$$

Можно подстановить в формулу (16) и соединить подобные члены, получим:

$$\Delta_1 = \frac{3}{8} r (y_1 + 3y_2 + 3y_3 + y_4)$$

$$\Delta_2 = \frac{3}{8} r (y_4 + 3y_5 + 3y_6 + y_7)$$

$$\text{Все члены } \Delta_1 \Delta_2 = \frac{3}{8} r (y_1 + 3y_2 + 3y_3 + 2y_4 + 3y_5 + 3y_6 + y_7) \quad (17)$$

Заметим, что система уравнений 1), 2), 3), и 4) представляет линейную зависимость, зависящую от того, что уравнение эти имеют линейные коэффициенты; поэтому лучше их представить следующим способом: возмем в выражении (16) общий мно-

численно $\frac{3}{8}r$, тогда

$$\Delta_1 = \frac{3}{8}r (8a + 12br + 24cr^2 + 54dr^3)$$

Заметим, уравнения 2) и 3) умно-
жим на 3, а 1) и 4) оставим без
перемены:

$$y_1 = a$$

$$3y_2 = 3a + 3br + 3cr^2 + 3dr^3$$

$$3y_3 = 3a + 6br + 12cr^2 + 24dr^3$$

$$y_4 = a + 3br + 9cr^2 + 27dr^3$$

$$y_1 + 3y_2 + 3y_3 + y_4 = 8a + 12br + 24cr^2 + 54dr^3, \text{ умножив}$$

$$\Delta_1 = \frac{3}{8}r (y_1 + 3y_2 + 3y_3 + y_4).$$

Дальнейший вывод тот же, что
и выше

Итак, масса АСДК (рис. 42)
равна трех возможным разностям
между ординатами, умноженными
на сумму крайних ординат,
либо (+) двукратную сумму 1^й,
7^й, 10^й, 13^й..... ординат, либо
(+) трехкратную сумму всех ос-
тавшихся ординат

Этот способ применим к
той серии, когда число данных
ординат выражается формулой
 $3n + 1$, где n может быть ка-
кое угодно число. Например

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

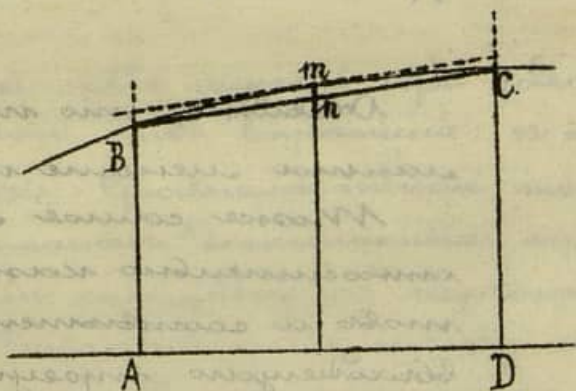
$$3n + 1 = 4, 7, 10, 13, 16, \dots$$

то и представляются числа орди-
нат, при которых применимо
рассматриваемый способ. Если же

дано поправитель в ординаты, то часть площади может быть вычислена по первому, а другая часть по второму правилу Симпсона.

Оба правила дают одинаковую степень точности. При употреблении 1^{го} способа предполагается парабола, проходящая через 3 точки рядовых измерений, и если-бы данная кривая была действительно параболою, то результаты вычислений были-бы вполне точны. При сравнении этого способа со способом трапеций, можно его характеризовать так: по сравнению правил Симпсона притупляют во внимание и площади сегментов (Фиг. 45), отбрасываемых в способ трапе-

(Фиг. 48.)

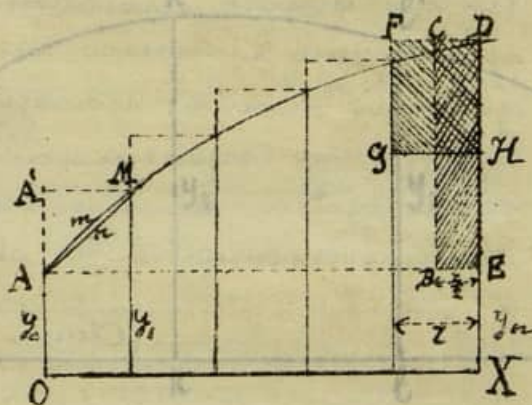


ций. Все площадь ABCD равна трапеции ABCD минус (+) площадь параболитического сегмента BmCnB.

Первое правило Вилкинсона, какъ до-
 лжно простое, должно и употребительно
 сравнительно со вторымъ его пра-
 вилемъ

Висный пре- § 63. Мы уже заметили выше,
дано символ что при вычислении площади кривой
при вычислении по правилу трапеций, допускается
площадей по погрешность выражаемая суммой
правилу тра- сегментовъ, подобнаго сегменту
пей. мн.

(фиг. 49.)



Очевидно, что площадь этого сег-
 мента меньше площади $\Delta^{ва} A'D'M$.

Можно самое кратко сказать
 относительно каждого из сегмен-
 тов и соответствующего ему
 входящего треугольника. Допус-
 тимъ, что площадь треугольника,
 напр. $\Delta A'D'M = \frac{z}{2} (y_1 - y_0)$ и назвавъ
 погрешность способа трапеций,
 т. е. сумму умноженныхъ сег-
 ментовъ черезъ ϵ , найдемъ:

Литература К. Виркенштейна (В. и. № 1.)

$$(ou) \dots \varepsilon < \frac{\tau}{2}(y_1 - y_0) + \frac{\tau}{2}(y_2 - y_1) + \dots + \frac{\tau}{2}(y_n - y_{n-1}) = \frac{\tau}{2}(y_n - y_0)$$

Но выражение $\frac{\tau}{2}(y_n - y_0)$ представляет площадь прямоугольника $BCDE$, ширина коего равна $\frac{\tau}{2}$, а высота $y_n - y_0 = DE$ или площадь прямоугольника $EFDH$, ширина которого равна τ , а высота равна $DH = \frac{1}{2} DE$.

Если бы было дано, что погрешность ε должна быть меньше 0,01 части всей площади, то достаточно было бы $\frac{\tau}{2}(y_n - y_0) < 0,01$, а тогда вследствие неравенства (а) и подало бы $\varepsilon < 0,01$; но при условии: $\frac{\tau}{2}(y_n - y_0) < 0,01$ τ должно удовлетво-
рять неравенству

$$\tau < \frac{0,01 \cdot 2}{y_n - y_0} \text{ или } \tau < \frac{1}{50(y_n - y_0)}$$

Выбрав для τ приемное значение, т. е. не нарушающее вышеуказанного неравенства и знаменную $0x$, найдем для числа ординат n , которое надо иметь при заданной точности, след. выражение: $n = \frac{0x}{\tau}$.

Сравнение между
способом трапе-
ций и способом
Симпсона.

§ 64. Сравним теперь точность результатов, достигаемая при вычислениях площадей по первому правилу Симпсона и по способу трапеций, при одинаковом числе ординат.

Возьмем нечетное число ординат и дадим им значения, начиная с 0 и до n . Возьмем, кроме того, сумму всех ординат

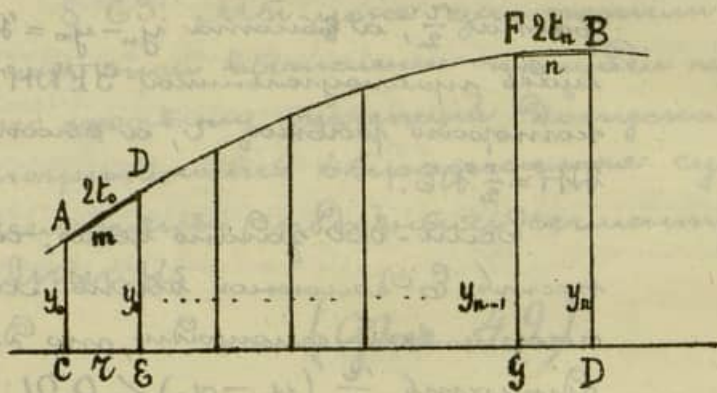
Датская по теории Коррелирования.

Морского Академического Корпуса.

Лист 14.

И. И. И. И. - Казань 1875

$$(y-y_0)^2 = (1-m^2) \frac{y^2}{2} \quad (\text{фиг. 50.})$$



перетнаго порядка через $\mathcal{I}$, а ординатъ четнаго порядка через $\mathcal{P}$.

Площадь $\mathcal{I}$ кривою по первому правилу Симпсона выражается формулой:

$$\mathcal{I} = \frac{h}{3} \{ y_0 + y_n + 4(y_1 + y_3 + \dots) + 2(y_2 + y_4 + \dots) \} \text{ или}$$

согласно условию:

$$\mathcal{I} = \frac{h}{3} (4 \mathcal{I} + 2 \mathcal{P} - y_0 - y_n) \dots \dots \dots (1)$$

Определим теперь ту же самую площадь несколькими иными, а именно: часть $\mathcal{DEF}$ найдем по правилу Симпсона и прибавим сюда две площади $\mathcal{CED}$ и $\mathcal{FGDB}$, приняв их за трапеции. Можно, что найденное таким образом площадь будет несколько отличаться от площади $\mathcal{I}$, принимаемой, какъ известно, за площадь параболы; но противность очевидно, выразится суммою параболическихъ сегментовъ

3. Дана и Γ_{AB} . Полагаясь на соответствующее равенство $2t_0$ и $2t_n$.

Заметим также:

$$\text{Итак. } DEGF = \frac{\tau}{3} (2j + 4p - y_1 - y_{n-1} - 4y_0 - 4y_n).$$

Две точки: $-y_1$ и $-y_{n-1}$ вошли по тем же основаниям на каком и два последующих члена формулы (1), а члены:

$-4y_0$ и $-4y_n$ входят сюда потому что эти ординаты не входят в состав площади $DEGF$, а между

ними мы уже были в соответствии $4p$; следовательно их надо отнять.

Кроме того можем написать:

$$(2) \dots S = \frac{\tau}{3} (2j + 4p - y_1 - y_{n-1} - 4y_0 - 4y_n) + \tau \cdot \frac{y_0 + y_1}{2} + \tau \frac{y_{n-1} + y_n}{2} + 2t_0 + 2t_n$$

Соединяя равенства (1) и (2), найдем:

$$2S = \frac{\tau}{3} (6p + 6j - y_1 - y_{n-1} - 5y_0 - 5y_n + \frac{3}{2}y_0 + \frac{3}{2}y_1 + \frac{3}{2}y_{n-1} + \frac{3}{2}y_n) + 2t_0 + 2t_n$$

Откуда:

$$S = \frac{\tau}{6} (6p + 6j) + \frac{\tau}{6} (\frac{1}{2}y_1 + \frac{1}{2}y_{n-1} - \frac{7}{2}y_0 - \frac{7}{2}y_n) + t_0 + t_n =$$

$$= \tau(p + j) + \frac{\tau}{6} (\frac{1}{2}y_1 + \frac{1}{2}y_{n-1} - \frac{7}{2}y_0 - \frac{7}{2}y_n) + t_0 + t_n,$$

то есть как $\tau(p + j) = \tau(y_0 + y_1 + y_2 + \dots + y_n)$

и кроме того площадь кривой $ABCD$,

выраженная по правилу трапеции равна

$$S' = \tau (\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2}), \text{ то}$$

получим

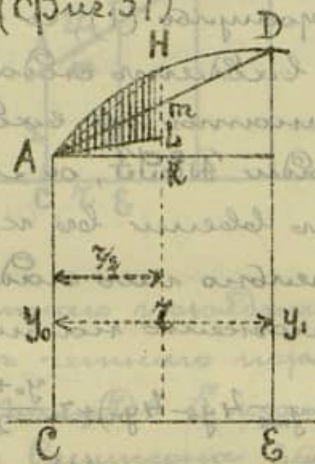
$$S = S' + \frac{\tau y_0}{2} + \frac{\tau y_n}{2} + \frac{\tau}{12} (y_1 + y_{n-1}) - \frac{\tau}{12} (7y_0 + 7y_n) + t_0 + t_n,$$

$$= S' + \frac{\tau}{12} (y_1 - y_0) + \frac{\tau}{12} (y_{n-1} - y_n) + t_0 + t_n$$

Омечая будем, что площадь S , полученная по способу трапеций меньше площади S , вычисленной по способу Симпсона на сумму методов

$$t_0 + \frac{z}{12}(y_1 - y_0) \text{ и } t_n + \frac{z}{12}(y_{n-1} - y_n).$$

(Фиг. 51)



то $t_0 + \frac{z}{12}(y_1 - y_0)$ представляет площадь параболы, вписанной в трапецию $ACDE$, т. е. в одностороннюю трапецию $ACDE$, что по формуле $\Delta^{\text{ка}}$ $\Delta^{\text{ка}}$, что

$$t_0 + \frac{z}{12}(y_1 - y_0) = \text{площадь } ADH.$$

Второй метод $t_n + \frac{z}{12}(y_{n-1} - y_n)$ представляет площадь подобной же фигуры, но только с другой концы площади DCB .

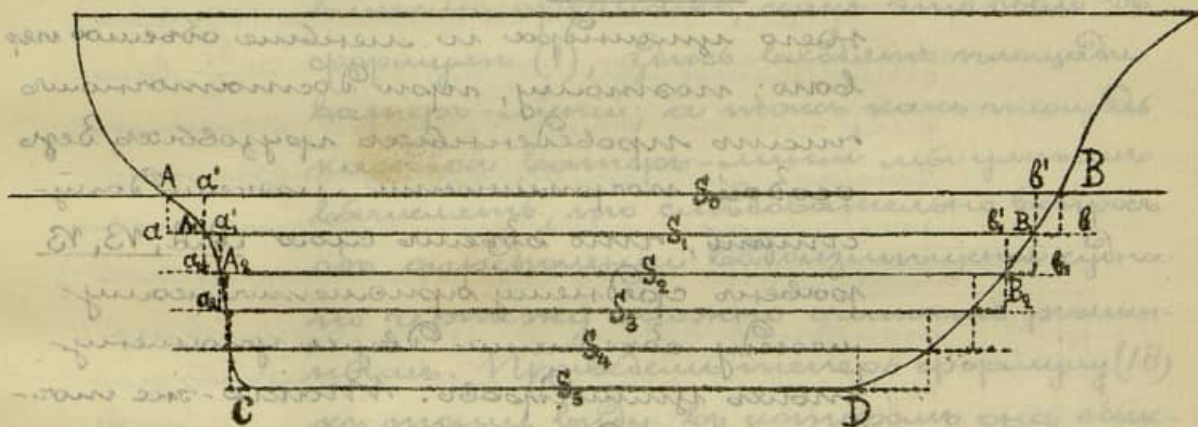
Из сказанного заключаем, что разность в точности вычисления площади той же фигуры по способу трапеций и Симпсона выражается суммой двух упомянутых площадей, при чем преимущество, конечно, принадлежит способу Симпсона; но зато, способ трапеций имеет преимущество в смысле простоты самой формулы и следовательно большей легкости вычисления, вследствие чего и принимают во

и катящихся и скользящих, какъ посподвизуций.

Взвешивание

водоизмѣщения
суда.

§ 65. Мокосеио тегероб, какъ
примѣнитъ методъ тратеций къ
взвѣсению водоизмѣщения суда.
Представимъ себѣ, что подводная
поверхность суда ABCD (см. 52)
разрѣзана плоскостью параллель-
ной естественной грузовой ва-
(см. 52).



теръ-линии AB. Назовемъ точки
этихъ новыхъ грузовыхъ ватеръ-ли-
ний, начиная съ естественной, черезъ
δ₀, δ₁, δ₂, δ₃, δ₄ и δ₅. Помогимъ да-
же, что изъ каждой точки каждой
верхней грузовой линии на по-
скость каждой судовой за ней
нижней грузовой перпендикуляры,
подъиные δ₀ и δ₅, δ₁, δ₂ и δ₃,
и, равнымъ образомъ, изъ каждой
нижней на плоскость соответ-

отвечающей ей параллельной грузовой
опущенной перпендикулярно подобные
 $\Delta_1 a'$ и $B_1 b'$, $\Delta_2 a'$ и $B_2 b'$. Тогда
отрезок $\Delta\Delta, B_1 B_2$ подобной части
судна, или объем между баггера -
линией δ_0 и δ_1 и докового поверх-
ности судна, будет лежать внутри
образованного цилиндрического слоя
 $\Delta a b B_1$ и, кроме того, будет со-
держан в сечении другой цилиндри-
ческий слой $\Delta, a' b' B_2$. Ясно, что объем
слоя $\Delta\Delta, B_1 B_2$ больше объема посто-
янного цилиндра и меньше объема пер-
вого; поэтому, при достаточном
числе проведенных грузовых, без
особой погрешности можем допу-
стить, что объем слоя $\Delta\Delta, B_1 B_2$
равен среднему арифметическому
между объемами двух упомя-
нутых цилиндров. Также же мож-
но рассуждение можно отнести
ко каждому отдельному слою суд-
на, и потому, помня, что все
баггер-линии проведенны на рав-
ных между собой расстояниях
 h , и вспоминая, что объем ци-
линдра равен произведению из
основания на высоту, мы можем
написать:

$$\text{Объем 1-го слоя } (\Delta\Delta, B_1 B_2) = \frac{\delta_0 h + \delta_1 h}{2} = \frac{\delta_0 + \delta_1}{2} h$$

$$\text{— " — 2-е — " —} = \frac{\delta_1 h + \delta_2 h}{2} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} h$$

$$+ \left(\frac{y_5^0}{2.2} + \frac{y_5'}{2} + \frac{y_5''}{2} + \dots + \frac{y_5^{(n)}}{2.2} \right)] =$$

$$= 2 \ln \Sigma \dots \dots \dots (20),$$

где знак Σ означает все суммы ординат, заключенных в скобки.

Для упрощения эту сумму напишем так: вписываем во все горизонтальные ряды ординаты, принадлежащие каждой вертикальной, с принадлежащими им по формуле (19) множителями 2 или 2.2, складываем между собой, т. е. составим сумму:

Суммы горизонтальных рядов	
$\frac{y_0^0}{2} \dots \frac{y_0'}{2.2}, \frac{y_0''}{2}, \dots \frac{y_0^{(n)}}{2.2}$	$\left(\frac{y_0^0}{2.2} + \frac{y_0'}{2} + \dots + \frac{y_0^{(n)}}{2.2} \right) +$
$\frac{y_1^0}{2} \dots \frac{y_1'}{2}, y_1'', \dots \frac{y_1^{(n)}}{2}$	$+ \left(\frac{y_1^0}{2} + y_1' + \dots + \frac{y_1^{(n)}}{2} \right) +$
$\frac{y_2^0}{2} \dots \frac{y_2'}{2}, y_2'', \dots \frac{y_2^{(n)}}{2}$	$+ \left(\frac{y_2^0}{2} + y_2' + \dots + \frac{y_2^{(n)}}{2} \right) +$
$\frac{y_3^0}{2} \dots \frac{y_3'}{2}, y_3'', \dots \frac{y_3^{(n)}}{2}$	$+ \dots \dots \dots$
$\frac{y_5^0}{2} \dots \frac{y_5'}{2.2}, \frac{y_5''}{2}, \dots \frac{y_5^{(n)}}{2.2}$	$+ \left(\frac{y_5^0}{2.2} + \frac{y_5'}{2} + \dots + \frac{y_5^{(n)}}{2.2} \right) =$
	$= \Sigma \dots \dots \dots$

Формула водоизмещения судна (где Σ не изымается, если мы будем складывать вписанные во ряды ординат не по горизонтальным, а по вертикальным рядам).

Литтл Уильям Кларк Брайде

по поперечности и по вертикальности. Одновременно по плоскости это и наделяется новой суммой, равной Σ , в формулу (20), введем искомое сводящее выражение водоизмещения.

$$V = 2\pi h \left[\left(\frac{y_0^0}{2.2} + \frac{y_1^0}{2} + \frac{y_2^0}{2} + \dots + \frac{y_5^0}{2.2} \right) + \right. \\ \left. + \left(\frac{y_0^1}{2} + y_1^1 + y_2^1 + \dots + \frac{y_5^1}{2} \right) + \right. \\ \left. + \left(\frac{y_0^2}{2} + y_1^2 + y_2^2 + \dots + \frac{y_5^2}{2} \right) + \right. \\ \left. + \dots + \left(\frac{y_0^{(n)}}{2.2} + \frac{y_1^{(n)}}{2} + \frac{y_2^{(n)}}{2} + \dots + \frac{y_5^{(n)}}{2.2} \right) \right] \dots (21)$$

Таким образом каждая из ско-
бок выражения (21) содержит сумму
ординат, принадлежащих одному и
тому-же вертикальному столбцу
предыдущих рядов, или, другими
словами, содержит сумму орди-
нат одного и того-же вертикаль-
ного сечения судна, т. е. одного
какого-либо его изменения. Сом-
нительно, помощью указанного
приема, или прямо перенесем в су-
щности вычисление водоизмещения суд-
на, когда оно разбито не горизон-
тальными, а вертикально попе-
речными плоскостями.

Второй способ вычисления водоизмещения судна (2) состоит в том, что судно разбивается на ряды, параллельные его продольной оси, и для каждого ряда вычисляется водоизмещение, а затем все результаты суммируются.

Второй способ вычисления водоизмещения судна (2) состоит в том, что судно разбивается на ряды, параллельные его продольной оси, и для каждого ряда вычисляется водоизмещение, а затем все результаты суммируются.

Строевые по батерь-линиям и шта-
поутамъ. Упомянутое для опре-
дѣленія мѣста центра вѣш-
ныхъ судна.

Строевые по
штапоутамъ
и по батерь-
линиямъ.

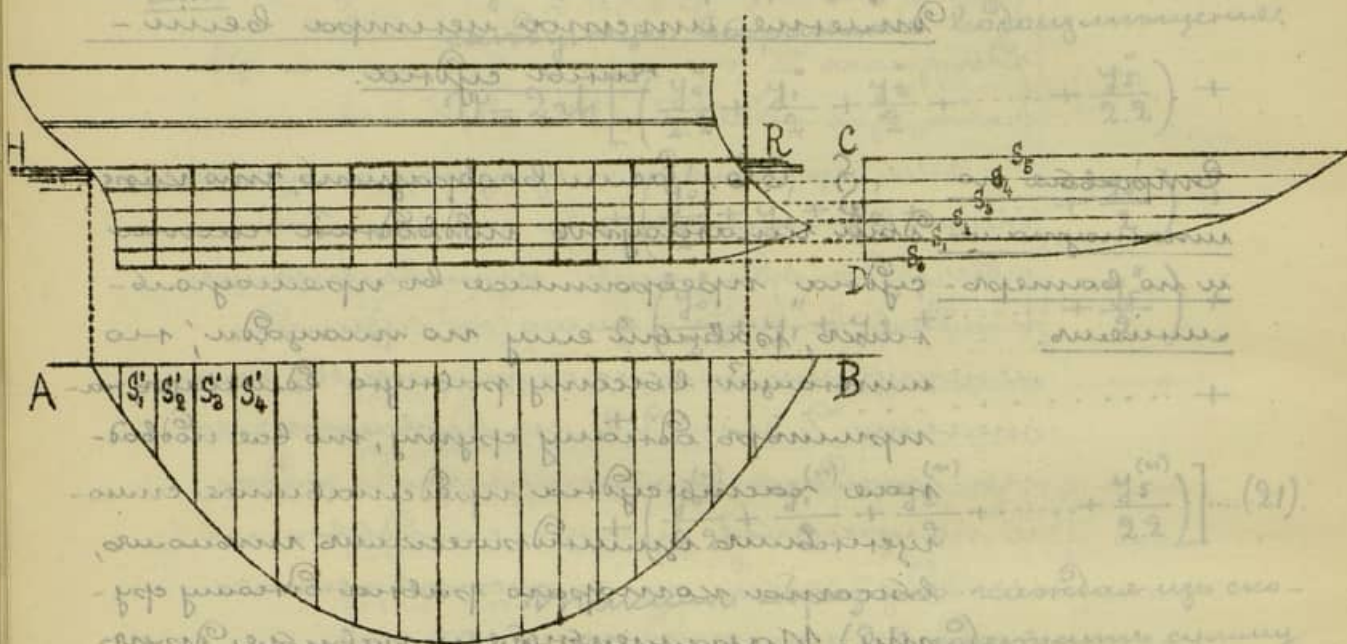
§ 66. Если вообразить, что кан-
дѣль штапоута подводной части
судна превратится въ прямоуголь-
никъ, равный ему по площади, но
имѣющій высоту равную единицѣ, на-
примѣръ одному футу, то все подвод-
ная часть судна представится сло-
женными цилиндрическими телами,
высота которыхъ равна одному фу-
ту. Параллельныя равныя другъ
другу основанія этого объема бу-
дутъ описаны въ некоторомъ кривомъ
линіи, форма которой бу-
детъ очевидно зависеть отъ
формы подводной части судна.

Кривая эта называется строе-
вою по штапоутамъ, ее легко
построить слѣдующимъ образомъ:

Проведши прямую AB равную
длины судна (рис. 53), раздѣлимъ
эту прямую на столько частей
сколько у насъ имѣется штапоу-
товъ, или вертикальныхъ стѣнъ
судна, и черезъ точки дѣленія про-
ведемъ ординаты $\delta'_0, \delta'_1, \delta'_2, \delta'_3, \dots$ и т.д.

Если по каждой изъ этихъ орди-
натъ отложимъ столько линейныхъ
единицъ, сколько въ соответствую-

(рис. 53).



линей беритикального сечения квад-
ратных единиц, то составная
кривая, проведенная через концы
этих ординат и будет именно
спроектированной по многоугольнику.

Подобным же образом, чтобы
вычеркнуть спроектированную по ватер-ли-
ней, стоит только провести
линию CD равноудаленно судна
и через точки, соответствующие
удаленностям ватер-линей про-
вести ординаты, длины которых
выразить в линейных едини-
цах число квадратных единиц,

содержащихся в площади каждой
батерии-мин.

Площадь строе- Не трудно видеть, что как
вой равна водо- площадь строевой по шпигулам,
измывуется так и площадь строевой по ба-
судна. терии-миним, заключаются в себя
(каждая отдельно) столько квадрат-
ных единиц, сколько кубиче-
ских единиц содержится в подвод-
ном объеме судна. Действитель-
но, для получения объема упомя-
нутого выше цилиндрического тель-
ца, стоит только площадь его
основания, т. е. площадь строевой,
умножить на его высоту, т. е.
на единицу; от произведения же
на единицу число квадратных
сруть оснований, т. е. строевой,
очевидно не изменится.

Определение § 67. Подобно тому, как мы
интеграла центра привели вычисление водоизмещения
величины. к простому вычислению площади
строевой, мы можем привести
и вычисление положения центра
величины судна к приближен-
ному определению центра те-
жести площади нашей строевой.

Из соображений, обращающих вер-
тикальные сечения судна в прямо-
угольники, равные им по площа-
ди, мы выведем с тем же изыс-
канием положение центров те-
жести этих сечений или в по-
направлении перпендикуляр-

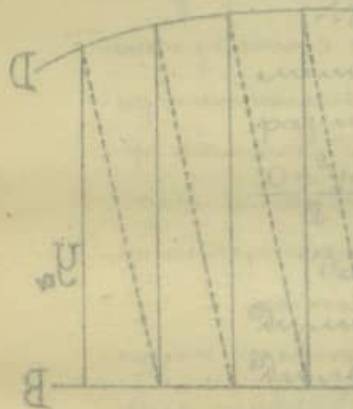
номы длины судна, т. е. по высоте, и так как это обстоятельство имеет место для всех без исключения вертикально-поперечных сечений, то значит оно имеет место и для всего объема подводной части судна, который таким образом, излившие свою форму, сохраняет все-таки одно и то-же положение своего центра тяжести по направлению длины судна. И так, в этом случае, должно остаться неизменным только положение центра тяжести судна по длине, а для определения его по высоте придется взять другую справку, т. е. справку по ватер-линии.

Из сказанного заключаем, что вопрос об определении положения центра тяжести всякого судна приводится к определению центра тяжести некоторой плоской кривой, очертание которой может быть весьма различным.

Для решения этого вопроса мы будем пользоваться приемом совершенно сходным со способом трапеций при вычислении площадей кривых.

Еще бы увидели, что для этой цели можно прямо пользоваться введенным уже формулой (3) § 60^{го},

Для чего стоит только подставить в нее вместо ординат y_1, y_2, y_3 и т.д. не сами ординаты кривой, а моменты этих ординат, т.е. произведение их длины на расстояние до точки, произвольно-выбранной плоскости моментов.



Мы уже знаем, что моменты равноудаленной равной сумм моментов составляются, следовательно, определим моменты ординатных отрезков трапеции равноудаленной кривой относительно какой-нибудь плоскости моментов и сложив их вместе, мы получим общий момент всей трапеции относительно кривой; если затем разделим общий момент трапеции на сумму моментов, то найдем тогда будет равенство, так как мы получили расстояние центра тяжести трапеции от выбранной точки плоскости моментов.

Определение
центра тяжести
трапеции
кривой.

Для примера возьмем кривую CD и определим положение ее центра тяжести относительно плоскости AC перпендикулярной ко всей абсциссе AB (рис. 54).

Разобьем трапецию $ACDB$ на-
малыми линиями $rs, jt, um,$

сдвинутыми. Площадь параллелограмма $\text{лини} = \text{ли} \cdot \tau = \tau \cdot y_3$, т. е. произведению из оснований τ на высоту y_3 , а момент его очевидно $= \tau \cdot y_3 \cdot 3\tau = 3\tau^2 \cdot y_3$. Взяв другой четырехугольник, параллелограмм $\tau 3\tau$, мы найдем подобный же образчик, что момент его площади равен $2\tau^2 y_3$; момент следующего параллелограмма, диагональ которого есть ордината y_4 , будет совершенно также $4\tau^2 y_4$ и т. д.

Максимум обрешет, искомая сумма моментов элементов площади выразится следующим образом:

$$\frac{0 \cdot \tau^2 y_0}{2} + 1 \cdot \tau^2 y_1 + 2 \cdot \tau^2 y_2 + 3 \cdot \tau^2 y_3 + 4 \cdot \tau^2 y_4 + \dots + \frac{n \cdot \tau^2 y_n}{2} \dots (1).$$

Заметим, что взяв на самом деле сумму всех моментов отдельных площадей, мы получили выражение, отличающееся от формулы (1) своим двумя крайними членами, но это не полное совпадение является лишь кажущимся не совсем строгим допущением, которое мы должны были сделать, ради упрощения рассматриваемого вопроса.

Из всех членов выражение (1) мы можем вынести за скобки множителя τ , тогда получим:

$$\tau \left(\frac{0 \cdot y_0}{2} + 1 \cdot y_1 + 2 \cdot y_2 + 3 \cdot y_3 + \dots + \frac{n y_n}{2} \right) \dots (2),$$

и в скобках осталась сумма членов, подобных:

$$1 y_1, 2 y_2, 3 y_3, 4 y_4, \dots \text{ и т. д.}$$

которой, какъ легко видѣть, суть ни-
что иное, какъ моменты ординатъ
разсматриваемой кривой относи-
тельно плоскости AC , или просто
относительно ординаты y_0 , приме-
той за силу плоскости моментовъ
на плоскости нашего чертежа.

И такъ, чтобы получить мо-
ментъ площади всей кривой отно-
сительно плоскости, перпендикулярной
къ ее оси абсциссъ, надо въ формулу
площади, опредѣленную по способу тра-
пецій, вместо самихъ ординатъ кривой
подставить моменты этихъ ор-
динатъ относительно плоскости мо-
ментовъ, или прямо относительно ее
силы на плоскости чертежа.

Такимъ образомъ получимъ выра-
жение (2), или, вѣрно за скобки еще
множителя x , входящаго въ каждый
членъ суммы, заключенной въ скобки,
получимъ:

$$x^2 \left(0 \frac{y_0^2}{2} + 1y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + \frac{ny_n}{2} \right) \dots \dots (3).$$

Если назовемъ сумму, заключенную
въ скобки черезъ M , то эта фор-
мула приметъ видъ:

$$x^2 M \dots \dots \dots (4).$$

(5) ... Чтобы получить искомое разстояние
х центра тяжести площади нашей
кривой отъ плоскости моментовъ, надо
выражение ее момента (3) раздѣлить
на величину самой площади кривой,

выражаемой, положивъ хотя-бы по со-
боду произведений, формулы:

$$r \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2} \right)$$

Произведе дѣленіе и сокращае числи-
тели и знаменатели на общаго мно-
жителя r , получимъ:

$$r \left(0 \frac{y_0}{2} + 1y_1 + 2y_2 + \dots + \frac{ny_n}{2} \right)$$

$$x = \frac{\dots}{\dots} \dots (5)$$

$$\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2}$$

Означая дѣе краткости площадь кри-
вой черезъ S , и соотвѣсно обозначенію
(4), окончательно получимъ:

$$x = \frac{rM}{S} \dots \dots \dots (6).$$

И такъ, опредѣливъ подобнымъ
же образомъ место центра те-
жести стержней по интегральному,
а именно удаленіе его отъ плоскости
моментовъ, проходящей черезъ крайній
полюсовъ или крайній карповой пер-
пендикуляръ, или вычисливъ съ тѣмъ
будемъ знать положеніе центра ве-
шней судна по его длинѣ, или вѣр-
нее, будемъ знать только удаленіе
отъ плоскости моментовъ той вер-
тикально-поперечной плоскости, въ
которой лежитъ центръ вѣшней.
Вычисливъ затѣмъ удаленіе центра
тежести стержней по вагнеръ-ли-
ней отъ какой-нибудь изобрѣтенной
плоскости моментовъ, найдемъ

от горизонта воды, или найдем
 вывесить с точки углубление центра
 тяжести судна, т. е. углубление от
 (горизонта воды той горизонталь-
 ной плоскости, в которой должен
 лежать центр тяжести. Знае-
 ние вертикального и горизонталь-
 ного плоскости, в которых одно-
 временно должен лежать центр
 (2) тяжести, или неизбежно приводить
 к заключению, что ось находится
 в центре тяжести на линии (очевидно
 горизонтальной) пересечения этих
 двух плоскостей. Предположим суд-
 но симметричное относительно его
 диаметральной плоскости, или видим,
 (3) что центр тяжести его необходимо
 совпадает с точкой пересечения диа-
 метральной плоскости с упоми-
 нутой горизонтальной линией.

Резюмируя все сказанное в этом
 параграфе видим, что строевые по
 ватеро-линии и штабштурм
 одинаково справедливы весьма
 важными в практическом отноше-
 нии свойствами:

Свойства строе-
вых. 1.) Площадь строевой записывается
 в семь стоек квадратной фигуры, кака-
 ко из них одна фигура содержится в уо-
 лонь водонизушения судна.

2.) Свойство строевой по штабштурм
 состоит в том, что центр
 тяжести площади этой строевой
 всегда лежит с точностью под

центром величины каравана т. е. центр тяжести створовой по шпигулам и центр величины всегда одинаково расположен по длине судна в створовой и в самом судне.

3) Центр тяжести створовой по ватер-линии и центр величины судна всегда одинаково расположены по длине судна в створовой и в самом судне.

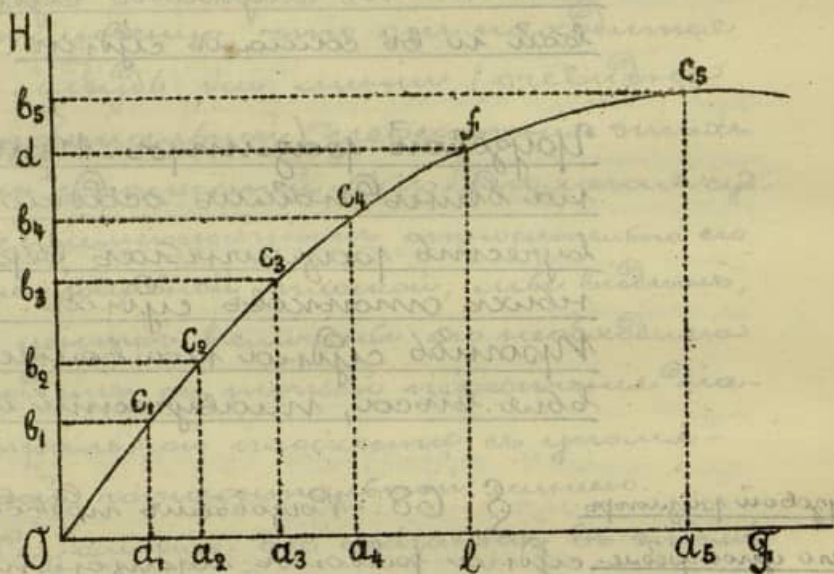
Угловой размах. Кривая качки на длине двойных осадки судна. Маяжесткость размаха вертикальных откидов судна. Перемещение судна на волнении. Кривые ветра, маяжесткости и нагрузки.

Угловой размах § 68. Возобъем подводную часть и его уплотнение судна редким горизонтальным плоскостями и вычислить водоизмещение каждого отдельного отска, содержащегося между парой смежных ступенчатых горизонтальных плоскостей и докового поперечного сечения; затем составив два масштаба: один для точного водоизмещения, а другой для углового сечения судна. Обыкновенно для первого масштаба принимают 1 дюйм за 100 тонн, а для второго $\frac{1}{4}$ дюйма за градус; впрочем, если эти изчисления с величинами характерна

и самого судна.

Проведены мерзоров горизонтальною прямой OF и вертикальною OH (фиг. 55). По горизонтальной OF отложены точки водрузительные посылдавательные такие отстоя и, таким образом, получили точки $a_1, a_2, a_3, \dots$

(фиг. 55.)



По вертикальной-оси линии OH отложены группы средних унзлений соответствующих, отнесенных по горизонтальной прямой OF водрузительных; таким образом на прямой OH получились точки $b_1, b_2, b_3, \dots$. На- каеде по этим координатам на- ходили посылдавательные точки $C_1, C_2, C_3, \dots$. Соединив кривые, про- веденные по этим посылдавшим точ-

камер называется грузовым разнотравьем.

Помогая этой кривой можно легко решить следующие задачи:

1.) По данному грузу найти водонизыжение. Для этого надо на линии От отмерить по масштабу данное грузоперегруз, поместив От, через помеченную точку д провести горизонтальную линию дг до пересечения с грузовым разнотравьем и из точки г опустить вертикаль ге. Длина де представит собой в данном масштабе искомое число водонизыжения.

2.) По данному водонизыжению найти груз судна. Задача эта решается подобно предыдущей, но в обратном порядке.

3.) При данном водонизыжении сколько груза должно снять с судна, чтобы оно поднялось на желаемое число футов.

Для этого отыскивают, как сказано во 2-й задаче, данному водонизыжению соответствующее грузоперегруз, потом находят, как во 1-й задаче, по данному новому грузоперегрузу соответствующее новое водонизыжение.

Взяв последнее из первого, или, что то же, зная расстояние (напр. ае) между точками, соответствующими старому и новому водонизыжению, или, очевидно, найдя ко-

— масса груза, которое должно быть
снесено с корабля.

4.) При данном водоизмещении,
или же при данном изгиблении судна,
но сколько грузы это судно долж-
но погрузиться или подняться, при
присутствии или даже известного числа
веса груза.

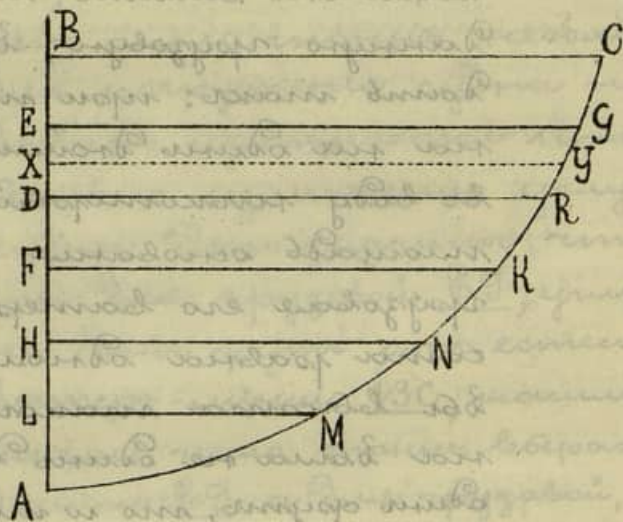
Для заданного формы также
как и предвидящее, но в обратном
порядке. Задача, что на верти-
кальной прямой от отклоняются
с изгиблением средние места изгиб-
ления корпуса и носа, соответ-
ствующим посадкам судна по дан-
ной грузовой вогнать линии.

Кривая точки § 69. Другая не менее упо-
мянутая двойная предметная и не менее удобная
осадки.

Для практических целей кривая
известна под названием: „кривой
точки на двойной осадки“.

Построение и употребление ее сход-
ны с построением и употребле-
нием грузовой разницы. Вобра-
зить судно вертикальную прямую
(фиг. 56) AB, на которой от
точки B будем отклоняться
вниз в такой-же положении,
массой ($\frac{1}{4}$ двойной за грузы)
изгибление различных равноот-
стоящих одна от другой во-
гнать линий. Из помощью
таких образов получим E, D, F, H, Z,
возвращаясь к прямой BA пер-

перидикуляра. Зонтико разнутаемо
то число тонны, которое необходи-
мо выгрузить на судно, чтобы
(Сам. 56).



принять его на один дюйм, когда
оно сидит по естественному грузо-
вому ватеру - линии BC и это -
значит это число тонны (в ма-
ксимум 1 дюйм = 100 тонны) по
прямой BC. Если, что число тонны,
необходимое для погружения судна
на один дюйм, когда оно сидит
по какой-нибудь другой грузовой,
напр. EG или HL будет все
другое, а потому и линии EG или
HL выражающие эти числа в
тонн-хх максимуме, будут ко-
рое линии BC и т.д. Проведя ли-
нии CBRKMLA, проведенные по ле-
каму через погруженные таким об-

В. К. Киреев

разомь точки и есть „кривая тань
на одинь дюймь осадки“.

Чтобы рассмотреть, какое число
тань надо поручить на судно,
чтобы оно утонуло на один дюймь,
когда оно сидит по какому-нибудь
данному грузу, будем рассуж-
дать так: при погружении суд-
на на один дюймь, утонуло
в воду некоторое количество его,
площадь основания которого есть
грузовое его батер-лине, а вы-
сота равна одному дюйму. Если
бы высота такого отсечка суд-
на была не один дюймь, а даже
один фут, то и тогда бы без
какого-нибудь погружения могли бы при-
нять его за цилиндр; тогда, назвав
площадь основания этого цилиндра,
т. е. батер-лине судна, через
 S мы найдем, что объем этого
цилиндра равен $S \cdot 1$ фут = S куб.
ф.; объем же цилиндра, высота
которого есть 1 дюймь, т. е. $\frac{1}{12}$
фута будет $\frac{S}{12}$ куб. фут. Так
как каждый тонн вытесняет
35 куб. фут. воды, то чтобы
узнать сколько тонн состав-
ляет $\frac{S}{12}$ куб. фут. вытесненной
судном воды, надо это число раз-
делить на 35. И так $\frac{S}{12 \cdot 35}$ и
представит нам то число тонн,
которое необходимо положить на
судно, чтобы погрузить его на

Handwritten signature or note at the bottom of the page.

одной двойни. Подобный расчет
делается для каждой грузовой,
при чем эти последние прово-
дятся по расстоянию одного сру-
та одна от другой, в проме-
жутках же предполагается,
что число точек необходимое
для погрузки судна по одной
двойне увеличивается пропорцио-
нально увеличению грузовой
судна. Это значит, что, если
мы для грузовой ЕД, грузимой
на один срут от естественной
вотер-линии ВС, найдем, что
искомое число точек выражается
длиною ЕД, а для грузовой, грузимой
на два срута, это число точек выража-
ется линией ДЗ, — то для все-
кой промежуточной грузовой, грузимой
от естественной на вели-
чину ВД, число точек, необходимое
для погрузки судна от этой
грузовой на одну двойню, вырази-
тся просто хх, конечно в том-
же масштабе 1 двойня за 100 точек.
Очевидно, что при помощи „кри-
вой точек на одну двойню осадки“
можно решить 3^ю и 4^ю задачи,
предложенные для грузового раз-
мыва, но только с большим
удовольствием, потому что мы
можем рассчитать, какое ко-
личество груза должно быть.

принято для очень недобитого измещение среднего измещение судна, или обратно; на практике же добитого частию приходится считать для недобитого измещением упомянутого среднего измещение.

Сравнивая между собой „кривые точки по одним двойным осадкам“ построенные для различных судов, мы можем вывести судит и об образовании самих судов. Рассмотрев напр. (фиг. 56) можно заметить, что в верхней своей части кривые точки по одним двойным почти направлены оси AB; это указывает на хорошо известный факт, что у судов обыкновенной формы, в полном грузу, верная длина грузовой ватер-линии дб - вогнута почти отвесно и походы горизонтальных стечей (т. е. ватер-линий) в этом месте судна мало отличаются друг от друга, или, практически, совершенно одинаковы.

Поправки раз- примечание. Можно, что симметричные когда судно переходит из воды кривых, завися одной степени солености в воду из другой степени солености, и солености в- судна ватер-линии, дб. что для того, чтобы можно было

ответ употреблений для различного
практического вопроса разсм-
тривать кривые, надо ввести
в них тактовые поправки.
Пусть, например, судно пере-
ходит из морской воды, один
кубическ. сажень которой весит
70 сажень, в пресную воду,
один куб. сажень которой весит
68 сажень. Тогда если при
этом поплавок виси, вливи-
тельный судном воды остае-
ся один и тот же, то по-
правка найденная предыдущим
образом: кубический сажень прес-
ной воды весит меньше ку-
бического сажня морской воды
на 2 сажня, т. е. на $\frac{2}{70} = \frac{1}{35}$
меньше веса поплавок, от-
куда следует, что разность
между весом морской и прес-
ной воды во время подводной
части судна во море равна
 $\frac{1}{35} \times (\text{вес судна}) = \frac{1}{35} A$, где A
есть вес судна. Тогда по-
лов на один дюйм осадки
при том же удельном в
пресной воде $= \frac{34}{35}$ числа по-
лов на один дюйм в мор-
ской воде т. е. $= \frac{34}{35} T$, где T оз-
начает число поплавок на один
дюйм осадки в морской во-
де.
Число поплавок эту поправку

и грузовой разности дадут соответствующие значения для Δu

Весь упомянутый выше создатель и испытатель существенно важен при входе судов, особенно коммерческих, часто сильно нагруженных, в доки и каналы и обратно при выходе в море. Во этом последнем случае, часто происходит довольно чувствительное — увеличение высоты подводного дна.

[illegible]

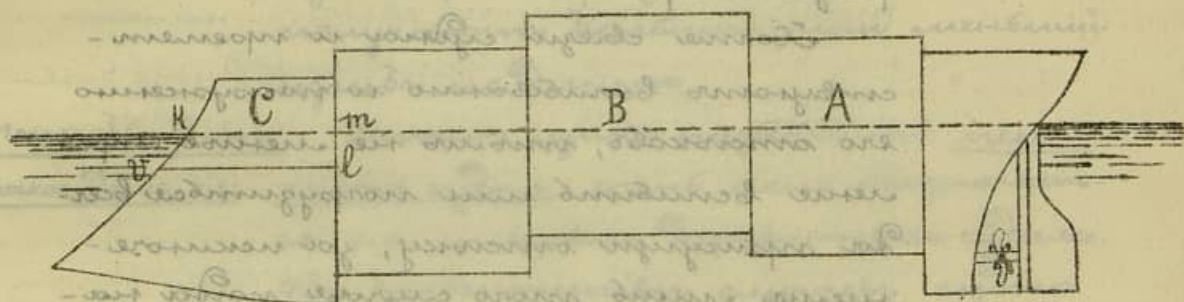
Вообще говоря, весь экстерьер судна во многом зависит от характера превращения в него

вбитыицеюмъ или вода, т.е. пре-
вмываетъ ихъ водоизмѣненіемъ. Пере-
ходе отъ оконечностей судна къ
его серединѣ, или, вѣроятно легче
можетъ быть, найдемъ такіе от-
сѣки, въса которыхъ будутъ рав-
ны ихъ водоизмѣненіемъ, а так-
же отсѣки, въса которыхъ бу-
дутъ меньше ихъ водоизмѣне-
ніемъ. Каждый видѣльщикъ отсѣка
судна итѣетъ, конечно, стремле-
ніе сравнить свое водоизмѣне-
ніе со своимъ въсомъ, и если-бы
отсѣки не были связаны нераз-
рывно, то могли-бы скатываться другъ
по другу вверхъ и внизъ (при чемъ
конечно предполагается, что вода
не можетъ проникать внутрь
судна), то очевидно, чтоотсѣки изъ
отсѣка въ отсѣкъ - бы легче
въ воду, а другіе вѣтвѣли - бы въ
скользко изъ воды, и именно на-
стоятъ, чтобы ихъ новое водо-
измѣненіе было разнѣе
ихъ собственному въсу (См. стр.
57). Подобное-же явление по-
вторяется - бы и при раздѣленіи
судна на продолбные отсѣки
вертикальными плоскостями,
параллельными діаметраль-
ной плоскости. Стремленіе раз-
личныхъ отсѣка въ вѣтѣли или
погружаться въ воду зависитъ
какъ отъ условій плаванія

Литографіе К. Вуржемеридор (В.О.Д.а. №1).

таким и отсюда способа нагрудки судна.

(Фиг. 57).



Упаковки вместилище и погружение
открыток во действительности не
именно мнато, необходимо судно
схвачивать противным свезем и,
кроме того, придавать каждой
открытке нагрузку по возможности
соответствующую его водонизни-
щению. Ито, что идеальной на-
грузки судна достигнуть невоз-
можно, но придвинуться к ней
можно. Для этой цели надо так-
же по теоретическим чертежам
судна вычислить водонизни-
чение каждого его вертикального от-
ска, когда оно сидит по поро-
ска ватер-линии; таким обра-
зом мы узнаем вое самое от-
ска. Затем надо вычислить его
водонизни-
чение, когда судно сидит
по грузовому ватер-линии; тогда
тоже этого водонизни-
чение передь

Записки по теории гидростатического

Морского Академического Корабля

Лист 16.

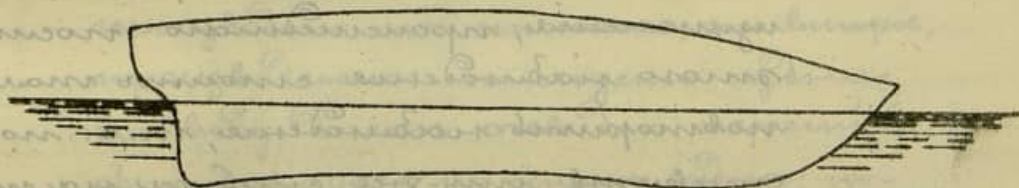
Иванъ Младенко Корабелъ.

Влияние того или другого рас-
пределения грузов сказывается особен-
но существенно на деревянных
судах. Известно, например, что

Длинные суда, особенно деревянные, под действием сил, водичного - изгиба от разностей веса и водоизмещения развивающагося отягощения, получают волбный или менбный изгиб по длине.

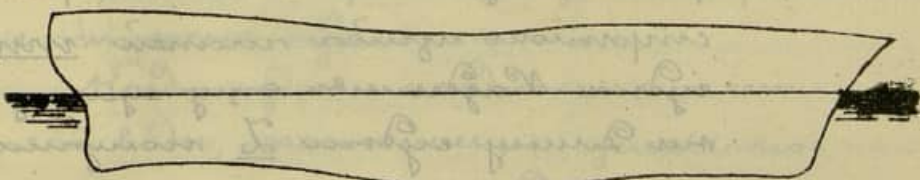
Перелом судна и нахождение его. Этот изгиб, называемый переломом судна, очень ясно обозначается на старбых деревянных судах. Въ волбномъ случае судно стремится принять форму, изображенную на фиг. 58.

(фиг. 58.)



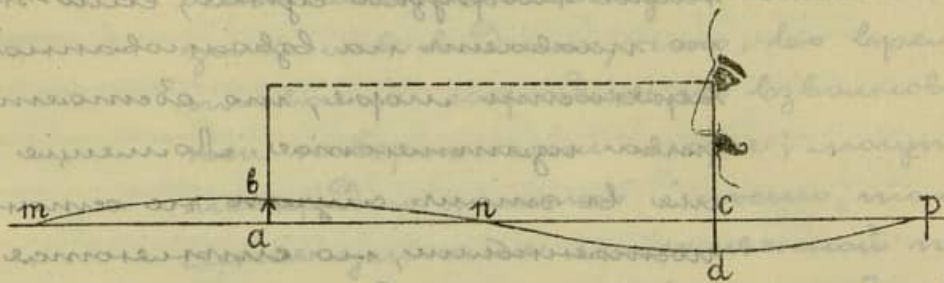
Уклона на судах особенно длинных и под волбной грузъ сосредоточенъ въ середину судна, какъ напрылокъ на колесныхъ пароходахъ, можно наблюдать двоякий изгибъ, какъ это показано на (фиг. 59).

(фиг. 59.)



Чтобы определить продолбные из-
мнение от движения изгибающегося
судна сив, надо сделать два по-
следовательных наблюдения, из ко-
торых каждое по своим приемам
наполняется обыкновенного ниве-
лецию. Вдоль судна, по палубу,
укрепляют стойки с диоптра-
ми, так чтобы было зрелище про-
екции через все точки пересече-
ния перекрестных нитей каж-
дого диоптра. Затем зазнача-
ют высоту каждого диоптра и
точное место занимаемое стой-
кою. Для определения продолбного
изгибания, промежуточного посты
этого наблюдения ставят только
повторить наблюдение, т. е. по-
ставят там-же стойки на там-
же месте. Если-бы во судно
не произошло продолбного изгиба,
то диоптры оказались-бы на одной
и той-же высоте. Если-же продолбный
изгиб имеет место, то повышение
диоптров для приведения центров
них нитей на одну высоту и опре-
деляет величину продолбного из-
гиба, или как говорят стрелку
изгиба, которая очевидно будет
равна сумме $ab + cd$ (ср. 60)
стрелок изгиба частей mn и np
судна. Разделив эту сумму ($ab + cd$)
на длину судна L получим ко-
эффициент.

(рис. 60.)



$$\frac{ab + cd}{2}$$

т. е. изредка судно по продольному направлению, принадлежащее на единицу длины судна.

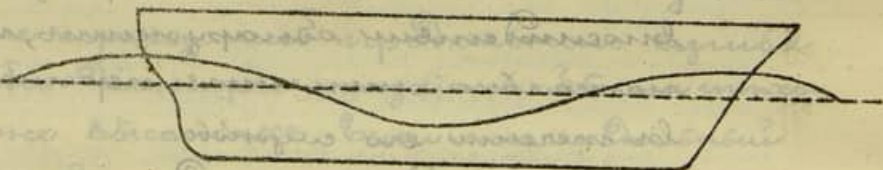
Если первое наблюдение было произведено по станциям, то второе, произведенное по сужию судна на воду, даст очевидно перегиб образовывающийся по сужию судна; второе же наблюдение, произведенное вносительным обнаружением, какое и насколько является перегиб судна во времени его сужия.

Всякого рода изменение формы на земных судах было замечено, но это обстоятельство, конечно, никак не может противостоят ответственности личности усилит, а единственно лишь строевой крепости. Поэтому, из которого построено судно.

Когда судно находится на тихой воде, то положение усилит по-прежнему совершенно сохраняет одно и то же.

значение, если либ, конечно, не излит-
шимь нагрузки судна; если-же суд-
но находится на взволнованной по-
верхности моря, то ответствен-
ства излития нет. Попадение уш-
ли в этом случае не останется
постоянным, но существует ест-
ественно и судно испытывается
напряжением совершенно подобные
напряжению дружка, изгибаемого
поперечным то в одну, то в
другую сторону.

Исгиб судна Во самом деле, кроме обычно-
го волнения, великой перемены, которая приоб-
ретен наибольшему величину во вре-
мя нахождения судна на предель-
ной волне, можно еще заметить и
(фиг. 61).

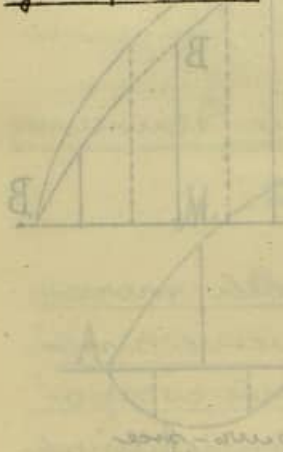


обратное явление, которое называ-
ется прогиб судна. Прогиб
судна может конечно образоваться
во время нахождения его на
подойти волне (фиг. 61), так и
в других случаях, например,
когда на концы-либо ответствен-
ства окончности судна упрям

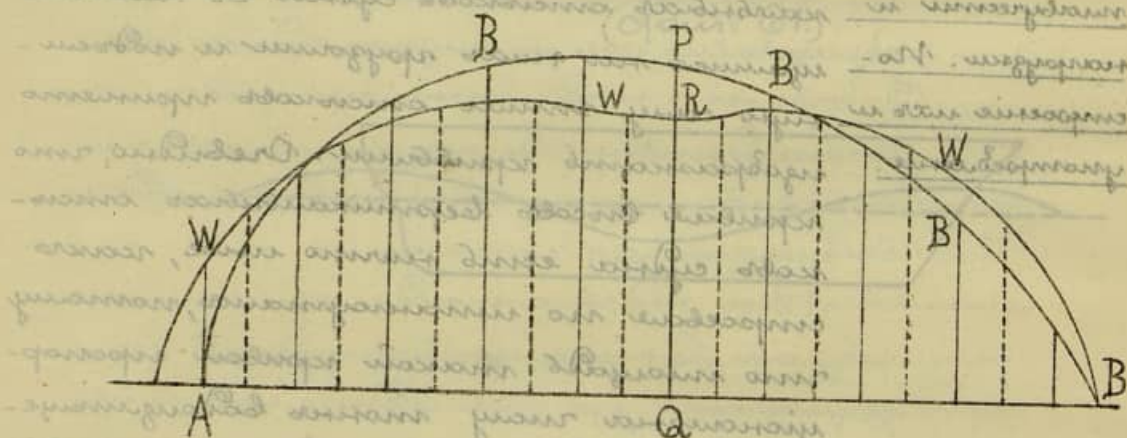
но дно, а все его средние части
останется на месте. Таким образом
мы видим, что, во время
плавание корабля по возмущен-
ной поверхности моря, можно
посредством штыря и т.п. по яв-
лению изменений естественной пере-
грузки его, то явление прогиба. Вве-
ржение переходы изгиба одного рода
в изгибы другого рода чрезвычайно
опасны для прочности судов. На
старых судах, как на транспорте
на каботажных, сущность которых
длина иногда до 80 и до 100 м, то
подобные явления сущность часто
приводят к поломке и гибели.

Кривая вала,
поверхности и
нагрузки. По-
стройка и
уплотнение.

§ 71. Распределение вала верти-
кальных отсчетов судна с нахожде-
нием по т.е. грузам и подде-
лом силу этих отсчетов принято
изобразить кривыми. Предвидя, что
кривая вала вертикальных отс-
четов судна есть нечто иное, как
справка по шпангоутам, потому
что площадь такой кривой пропор-
циональна т.е. тону водоизмеще-
ния. И так положим, что мы вы-
берем для какого-нибудь судна
справку по шпангоутам, и за-
тем из середины каждого отсчета
проведем в соответствующем мас-
штабе ординаты, выражающие
действительный вал отсчета, при-



ходящие на единицу его длины. Та-
ким образом получим две кривые,
из которых первая, то есть строе-
вая по тангентам, покажет рас-
пределение водонитящего судна подми-
ны, а другая, то есть кривая, соеди-
няющая концы проведенных орди-
нат, покажет, будет ли равномерно издраз-
жать распределение всего груза по
длине судна. (См. 62). Тангенты
двух кривых должны быть, оче-
видно, равны между собой, так
как одна из них выражает
весь судна, а другая его водонит-
ящее; следовательно, берем
(См. 62).



эти кривые в начале и конце -
машину, или танк - все изби-
дно в каком месте судна весь
груз превращается в водонитящее
и в каком месте поодиночке:

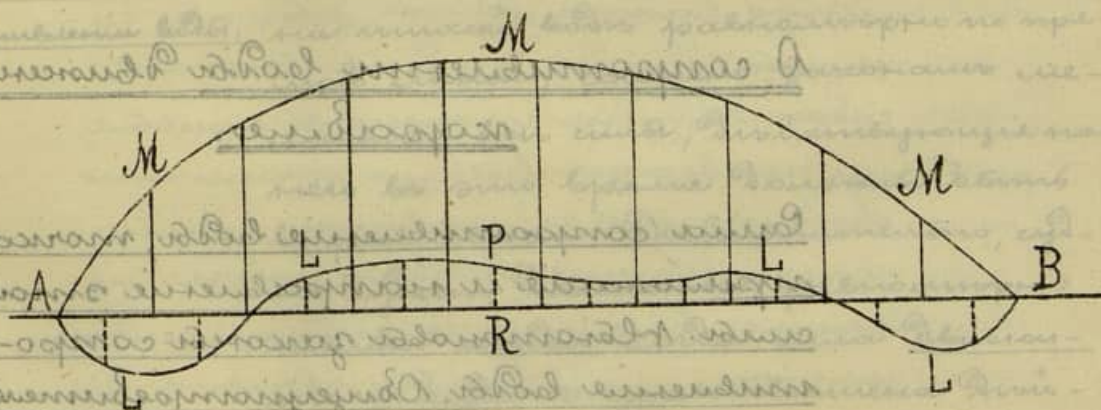
Литография Н. Вукашич (В. О. В. № 1.

водоизмещение отсюда превращается
вось его.

На (рис. 62) кривые VZ , $VZVZ$...
есть кривые по инвариантам, а
кривые WW ... есть кривые про-
зв. Если возьмем какую-нибудь
ординату PR , то часть ее PR , за-
ключенная между двумя кривы-
ми, изобразит собой избыток ма-
гнетизма в данном месте. Эти
точки, где кривые пересекаются,
показывают, что магнетизм соот-
ветствующий им относительно урав-
новешен с их весом. Особый
способ изображения избытка ма-
гнетизма представляется на (рис. 63).

Здесь основные и инвертированные
ординаты имеют одинаковое зна-
чение, как и на (рис. 62). Заключен-
ные между двумя кривыми части орди-

(рис. 63).



на PR изобразяется и откло-
няется по соответствующим

Литература Кауфман Бранд

ординатами на (спр. 63), а имен-
но ось AB вверху, когда шивется
избыток шивести или внизу,
когда шивется избыток вверху.
Проведение по поперечным по-
кам кривые L L L ... носят
название „кривой нагрузки“, она
дает возможность одним взве-
дом установить неравномер-
ность распределения входов и на-
грузки отсюда.

Примечание. Кривые M M M ...
есть стреловые по индикаторам.
При помощи ее и кривой нагруз-
ки можно без труда узнать
весь каждый вертикальный от-
сек, т. е. и в работе попу-
ляр кривую входов W, W, W ... (спр.
62).

О сопротивлении воды движению кораблей.

Влия сопротивления воды; точка
примоскания и направление этой
силы. Кватерновы законы сопро-
тивления воды. Однородная
формула сопротивления воды,
ее физическое значение и разни-
чие ее видов. Коэффициент со-
противления во всех случаях

растительных сил. Надана со-
противление и свезд ее с силой
матери.

Силы движения § 72. Во время хода судна дви-
ние на корабль ступают против его веса, гидроста-
тического давления воды и аэроста-
тического давления воздуха, еще со-
держатся силы: 1.) сопротивление воды
движению судна, 2.) судовой движущей
силе, 3.) сопротивление воздуха дви-
жению судна и 4.) силы инерции,
как напр. удара волн, порывы
ветра, сопротивление атакане-
нию ружья, и проч. и проч.

Оставшие в стороне разно-
мерные движения всех сил инерции
или, от точности сопротивления воз-
духа движению корабля, занимаемое
теперь изучением движений сопро-
тивление воды и судовой движущей.

Понятие о сопро- Положим, что судно движется
тивлении воды. на тихой воде равномерно по пре-
мной линии; согласно законам ме-
ханики все силы, действующие на
него в это время должны быть
в равновесии. Действительно, суд-
но будет двигаться равномерно
только тогда когда сила движущей
силы будет уравновешена дви-
жением всех сопротивлений движе-
нию судна, а во всем этом глав-
нейшим образом действием со-
противления воды.

Сопротивление воды — явление весьма сложное и еще далеко не изъясненное. Оно состоит из совокупности известного числа частных явлений, как-то: трение частиц воды отдрабываемых судном, трение частиц воды о подводную поверхность судна, липкости и вязкости частиц воды между собою и т. д.

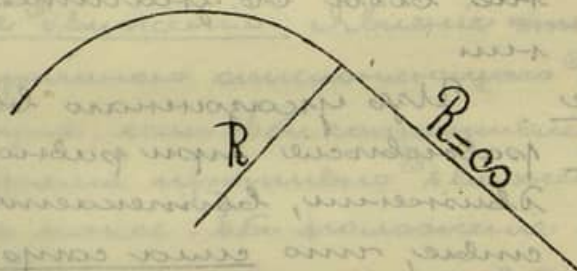
Влияние образования судна зависит, конечно, от сферичности и гладкости его образования (оенчев *vivres*), хоме и надводный бортом (оенчев *mortes*), или надводное образование, имеет известное влияние на образование волны и водоворотов, порождаемых судном при его движении и входящих в состав разнотипных сопротивления.

Когда обводы судна, как наприм. многого бортера-линии, ровности, да-токости и проч. представляют собою вполне согласные кривые, изгибающиеся весьма постепенно свои углы и кривизну, тогда сопротивление воде вовсе, не-велико; всекие углы, ребра, изгибы и проч.... сильно увеличивают сопротивление.

До какой степени тщательно должна быть образована подводная поверхность судна нежно мож-

но выдвигать из цилиндрического при-
мьера.

Положим, что отвод сфидна
во каком-нибудь месте идет
по прямой линии, а затем по
дуге круга касательного к этой
прямой (фиг. 64); допустим,
что круг совпадает с прямой
безусловительно и в точке касания
(фиг. 64).



отвод представляется совершенно
таковым. Допустим, далее, что
две части воды движущиеся
по элементам дуги круга, име-
ют инерцию и т. под., т. е. явление,
которым обуславливается сопро-
тивление воды, находящееся в за-
висимости от радиуса кривизны
отвода. Отсюда заключаем, что
в точке касания все упомяну-
тое явление должно измѣн-
иться, так как радиус
кривизны превратился инверсно

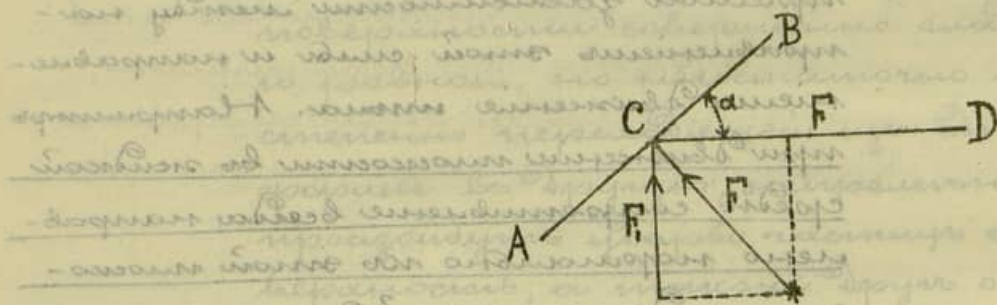
из R - величины конечной во величину безконечно-большую (прямую линию можно разсматривать какъ кругъ, радиусъ котораго $R = \infty$). Такимъ образомъ, при поперечности совершенно гладкой и ровной, но недостаточно по-степенно переходящей изъ одной формы въ другую, непрерывно производятся удары частицъ о по-верхности, и кажется другъ другу, что и увеличили сопротивле-ние воды въ значительной степе-ни.

Направление
силы сопро-
тивления.

Изъ указанного выше закона равновесия при равнолнрномъ движеніи, вытекаетъ какъ слѣд-ствие, что сила сопротивления на судно направлена прямо-про-тивоположно силѣ движенія; такимъ образомъ въ паровомъ суд-нѣ, а равно и въ парусномъ, идущемъ по свободному, сила сопро-тивления воды лежитъ въ диамет-ральной плоскости и направлена въ сторону прямо-противупо-ложнаго движенія судна. Въ этихъ случаяхъ, когда судно, идя косвеннымъ курсомъ, имеетъ дрейфъ, какъ напр. въ действитѣльн., - сила сопротивления воды не находится ни въ диаметральной плоскости, ни на направленіи пути судна. Вводите надо замѣтить, что со-

Необходимое условие для его под-
нятия состоит в том, чтобы
оно (фиг. 65) было соединено с ве-

(фиг. 65.)



ривкого CD под действием груза α и этой веревки. Если бы сила сопротивления на грузы AB на-
правлена по линии CD, то она не
позволила бы грузу подняться. Для
его поднятия необходимо должно су-
ществовать сопротивление к AB си-
ла $\mathcal{F}$, которая разлагается на две
перпендикулярные между собой си-
лы $\mathcal{F}_1$ и $\mathcal{F}_2$ заставляя груз по-
дниматься действием силы $\mathcal{F}_1$, си-
ла же $\mathcal{F}_2$ держит веревку в на-
прятом состоянии.

Итак, направление силы со-
противления не зависит от на-
правления движения, но оно зави-
сит непременно от направле-
ния движущей силы. При равно-
мерном ходе груза должно су-
ществовать равновесие между
силой движителя и силой сопро-
тивления т. е. веревки (В.О.З.а. №1.

твение; эти две силы действуют вобо-
изе поворота, равны и прямо против-
ны. Две силы, действующие на по-
мощь во действии, с дрейфом, на-
правление сопротивления почти
перпендикулярно к плоскости вращения
парусов, так как действующая
сила вращающая направляется рав-
ным образом по этой-же пер-
пендикулярно, но только в обратную
сторону.

Точка прямо- Точка приложения равнодей-
ствующей силы ствующей всех сил сопротивле-
сопротивле- ния воды, действующая на эле-
мент или центр мачты подводной поверхности
сопротивления. сила, или вообще како-
нибудь, называется центром со-
противления.

Относительно положения этой
точки не существует сколько-ни-
будь точных указаний. Однако опы-
ты под поворотами, робким-
востом и вертливостью судов на
сростках, дали повод думать,
что центр сопротивления весьма
близок к центру тяжести; по-
этому обыкновенно и принимают,
что центр сопротивления лежит
в центре тяжести.

Для плоскости, подверженной
удару воды, центр сопротивления,
при нормальной встрече, совпа-
дает в точности с центром
гравитации; но, по мере того,

Вопросы по теории кораблестроения

Морского Академического Корпуса

Мичман Ильяша

Лист 17.
Капитан Бранд

как плоскость образует с направлением движения угла все меньшее и меньшее, центр сопротивления переходит все ближе и ближе к тому краю, который находится впереди, не переходя однако известного предельного положения.

Французский королевский инженер г. Моёссен ввел из опыта простейшее и точнейшее эмпирическое следующее законное:

Если плоскость AB встречается потоком жидкости, идущий по направлению стрелки $\vec{F}$ [(фиг. 66) (а)], то, при нормальной встрече, центр сопротивления будет находиться на середине AB в точке H . Если же плоскость поворачивает вокруг точки A , то центр сопротивления, переходя постепенно в точки H_1 , H_2 и H_3 , будет перемещаться по прямой, которая проекция, конец которой т.е. H_3 лежит от точки A на расстоянии почти равном $\frac{1}{5} AB$, или $0,2L$; где L есть длина плоскости AB . Если эту величину $0,2L$ отложить от точек H_3 , H_2 , H_1 и H по радиусам векторам AB_3 , AB_2 , AB_1 и AB , то получится совершенно правильная полуокружность AC , C_2 , C_1 диаметр которой очевидно равен

$$AC = AH - CH = 0,5L - 0,2L = 0,3L.$$

напр. ΔB_2 .

$$\Delta H_2 = C_2 H_2 + \Delta C_2$$

но $C_2 H_2 = 0,2 \text{ Л}$ и $\Delta C_2 = \Delta C \sin \Delta C C_2 = 0,3 \text{ Л} \sin \alpha$
 следовательно $\Delta H_2 = 0,2 \text{ Л} + 0,3 \text{ Л} \sin \alpha =$
 $= (0,2 + 0,3 \sin \alpha) \text{ Л}.$

Можно самое популярное для все-
 го другого положение плоскости.

§ 73. Вблизе уже было указано
 на способность приливов, обусловлен-
 ных силой сопротивления воды;
 эта способность не позволяла до на-
 стоящего времени найти един-
 ственный строгий закон, которому
 подчиняется сила сопротивления
 воды. Множество предположений поро-
 ждено этим вопросом, мно-
 жество разнообразных теорий
 было предложено или, простое не-
 перечисление которых заняло бы
 немало места. Однако из них не
 доминирует во подробном изложе-
 нии всех этих теорий, построен-
 ных иногда на одном и том же
 единственном основании, иногда на
 основаниях совершенно различных.
 В пределах нашего курса, мы
 можем только изложить то из
 современных предположений, которое больше
 согласуется с результатами до-
 бытыми опытом и которое бо-
 лее удобно в практических при-
 ложениях.

Первые основные законы сопро-

тона, а затем уже перейдем
к краткому размотанию дру-
гих более современных теорий.

Гидростатика
законы сопро-
тивления воды.

Гидростатическое давление в со-
противлении для сопро-
тивления идеальной среды дви-
жающейся в ней плотности; со-
противление-же представляемое
средой движущему тону с кри-
вого поперечности не было подвер-
нуто или специально размо-
тано, потому что всякого
сложного поперечности можно раз-
считывать как состоящую из
безразлично-малых плотности эле-
ментов. Показательное подведение
и теории показали, что такой
взгляд на величину уже сам по себе
не приводит к точным резуль-
татам; но гидростатическое произво-
димо только только под плот-
ности, а потому и законче-
ние его справедливо только при
этих обстоятельствах.

Дни законченны или закон
состоит в обобщении:

- 1) Сопротивление жидкой сре-
ды пропорционально ее плотности,
т. е. с увеличением плотности,
сила сопротивления возрастает
пропорционально первой степени
этого изменения плотности и
обратно. И так, вода напором
оказывает сопротивление в 770

разъ больше или воздуха, разитъ въ 13,6 разъ больше или вода и т.п.

2.) Сопротивление жидкой сре-
ды пропорционально величине уд-
реваемой плоскости, т. е. сопротив-
ление, испытываемые двумя каки-
ми-нибудь плоскими фигурами,
относится между собою какъ ме-
жду этихъ фигуръ.

3.) Сопротивление пропорцио-
нально квадрату скорости взаим-
наго нормального удара жидкости
и плоскости, иначе говоря, сопро-
тивление, испытываемые какими-
нибудь плоскостями, относится
между собою, какъ вторые сте-
пени скоростей ихъ нормального
удара о жидкость. Скорости нор-
мального удара о жидкость или
называемую опредѣленную силою
проекции, какъ скорости движенія
плоскости на направленіи ее нор-
мали, такъ и скорости движенія
жидкости, взятая равнымъ образомъ
на направленіи нормальномъ къ
ударяемой плоскости.

Единица сопро- твления. Чтобы измѣрять силу сопро-
тивления, мы можемъ ее сравни-
вать съ единицею сопротивленія,
т. е. съ сопротивленіемъ, испыты-
ваемымъ единицею поверхности
(напр. 1 кв. футъ, или метръ),
движущейся по направленію своей
нормали въ воду наибольшей плот-

двигательности и со скоростью равного диаметру (поперечному или диаметру).
Скорость со- § 74. Одновременно эту единицу
противления нити сопротивления через C , ве-
лоды, втекаю- щую движущуюся в жидкой
ую из осно- среды плоскости через δ скорость
ных законов возмущения параболы гидра жид-
сопротивления кости и плоскости пусть будет V ,
 и наконец, сопротивление жид-
 кости, нити или гидравлический вентиль
 δ означим через R . Тогда по
 законам Габриэля имеем:

$$R = C \cdot \delta \cdot V^2 \dots \dots (1),$$

так как количество, которое
 сопротивление прямо пропорцио-
 нально диаметру входит мно-
 жественно.

Разные виды Вспомогательное V^2 очень
основной фор- мально вводит дробь $\frac{V^2}{2g}$, где g
мысли сопро- есть ускорение силы тяжести.
тивления жид- Но так как знаменатель этой
кости. дроби для одного и того же мѣста
 земной поверхности есть, вели-
 чина постоянная, то сама дробь
 всегда пропорциональна V^2 .

Максимум образного сопротивле-
 ния жидкости может быть разма-
 триваемо как величина пропорцио-
 нальная количеству $\frac{V^2}{2g}$, которое есть
 нити или, как такъ называе-
 мае веса, соответствующая
скорости V , т. е. веса, с ко-
торой нити должно унасть во

Литература Н. В. Вульфенберг (В. О. З. и. № 1).

и, следовательно, чтобы в концы подведение
- было бы произведено скоростью v . Введем в вы-
ражение множитель $\frac{1}{2g}$, и мы конечно
получим выражение такое в выраже-
ние под $2g$ чтобы оно в концы
концов основное без переменных:
Максимум образовать можно:

$$R = C \delta \delta \cdot v^2 = C \cdot 2g \cdot \delta \delta \frac{v^2}{2g},$$

называет произведение $C \cdot 2g$ перепо-
ки, получим:

$$R = k \delta \delta \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2).$$

Можно концы $\frac{v^2}{2g}$ выразить садовом
и в которую высоту, он именно соот-
ветствующую скорости v , то наз-
ывает ее перепо h , получим следую-
ющее выражение той же основной
формулы (1).

$$R = k \delta \delta h \dots \dots \dots (3).$$

Физическое значение Дать итерный вид формулы
основной формулы сопротивления дает возможность
или сопротивляе- весьма удобно пояснить ее физиче-
ние, жидкости. ское значение. Действительно: пред-
ставим себе прямую призму, ко-
торой основание равно рассматри-
ваемой площади δ , а высота $h = \frac{v^2}{2g}$.
Допустим, что эта призма со-
стоит из жидкости удельный вес
[которой есть δ . Взяв такой жид-
кой призмы будет равно $\delta \cdot \frac{v^2}{2g}$
умноженному на удельный вес
 δ , т. е. $\delta \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \delta$. Сравним это

Линия Удара Кинетика Тренин

выражение с формулы (3), либо
видим, что сопротивление сжа-
тости на плоскость превращается
во κ раз в κ раз жидкой пружины,
имеющей основанием эту по-
сность, а высоты величины $\frac{v^2}{2g}$,
т. е. высоте соответствующей
скорости взаимного нормального
удара этой плоскости и жидкости.

Но опытом известная фран-
цузского изобретателя полковника
Дашемена коэффициент $\kappa = 1,254$,
если плоскость движется в посто-
янной жидкости по направлению своей
нормали.

Этот коэффициент вообще
постоянен и изменяется очень не-
значительно при изменении скорости
и направления ее движения.

Влияние уклона Две последние цифры формулы
плоскости к на- (2) преобразовываются с целью одна-
правленного движе- рудить влияние уклона плоскости
ния на величину к направлению движения. Все влия-
сопротивления. ние уклона плоскости на величину
сопротивления, при исключении сна-
чай из числителя коэффициента
 κ состоит в переименовании v — ско-
рости нормального удара; эта
скорость v будет тем меньше,
тем меньше угол уклона по-
сности AB [(фиг. 66) (a)] к на-
правлению DE ее движения.

Положим этот угол равен α .
Можно, что $1/\cos \alpha$ представлено

формулы, сущая, или взаимного удара
 в плоскости и т.д.

Формулы (2) или (3) и (4) выра-
 жают величину полного или равно-
 действительного сопротивления жидко-
 сти, направленного, как бы ска-
 зать, нормально к поверхности.
 Давить формулами дадут очень
 часто такой вид, что они выра-
 жают величину сопротивления
 в данном направлении, т. е. по-
 казывают, сколько приходится
 силе сопротивления по этому
 данному направлению от по-
 лного, или равнодействующего со-
 противления, направленного по
 нормали к плоскости.

Чтобы получить исконые фор-
 мулы, следует только найти прое-
 цию равнодействующей R на задан-
 ное направление и вставить най-
 денное выражение в формулы (2)
 или (4).

Обыкновенно интересуются знать,
 сколько приходится сопротивления
 от равнодействующей R на со-
 ставляющую, действующую по
 направлению DE движение по
 плоскости. Означим эту состав-
 ляющую через R_x .

(1) Мысль Mtl (фиг. 60) пред-
 ставляет собой равнодейст-
 вующую R . Составляющие, направ-
 ленные по линии движения DE ,

Идем:

$$H N = P_1 = P \cos M N = P \sin \alpha.$$

Итак, помножив обе части равенства (4) на $\sin \alpha$, мы увидим, что

$$P \sin \alpha = P_1 = \kappa \delta (S \sin \alpha) \frac{w^2}{2g} \sin^2 \alpha \dots (5).$$

но $S \sin \alpha$ есть проекция плоскости AB на плоскость перпендикулярную к направлению движения, т.е. $B_1 B_2$. Назовем эту проекцию через S_1 , мы получим из предыдущей формулы:

$$P_1 = \kappa \delta S_1 \frac{w^2}{2g} \sin^2 \alpha \dots (6).$$

Если бы нужно было определить составляющую не по направлению движения, а по какому-либо другому направлению, то мы должны были бы поступить совершенно подобным же образом; следовательно можно сказать вообще, что:

Сопротивление жидкости по плоскости в каком-нибудь данном направлении получается из общей формулы (2) или (4), если вместо самой плоскости подставить ее проекцию на плоскость, перпендикулярную к этому направлению.

Вся вышеприведенная формула относится к сопротивлению жидкости на плоскость, но практика позволяет нам также для опре-

Движение сопротивления на троса все-
кой допущенной формы, если только
эти тросы симметричны относи-
тельно направления их движения.
Для практики, для определения со-
противления на судно, применяемое
формулы (2) или (4), в которой
 δ выражается тогда, тросом наи-
более поперечного сечения, или
линей - и т.п., обозначаемый
часто знаком δ . Таким обра-
зом формула (2) будет:

$$R = k \delta \mathcal{E} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (7)$$

но δ для воды обыкновенно при-
нимается равным 1, т. е.

$$R = k \mathcal{E} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (8).$$

Судна однако бывают вообще все-
ми различной формы, так что,
при той же скорости v и при
той же длине $\mathcal{E}$, они испыты-
вают разное сопротивление, так

коэффициент что коэффициент k , называемый
сопротивлением коэффициентом сопротивления воды,
в различных будет принимать различные зна-
чения. т. е. у всякого судна будет

свой коэффициент сопротивления,
по которому и можно судить
в одних чертах об его под-
водном образовании. Для по-
сности коэффициент сопротивле-
ния $k = 1,254$, для шара $k = 0,51$,
для кругового цилиндра двигаю-

установлено вертикально во воду, по на-
правлению одного из своих продю-
сов $\kappa = 0,77$. Для пресекшихся на-
русных судов, у которых длина
не превышает предельной ши-
рины коэфффициент κ заклю-
чается между $\frac{1}{10}$ и $\frac{1}{15}$; для современ-
ных судов, длина которых пре-
вышает ширину в 5, 6, 7, 8 и
даже 9 раз коэфффициент κ
уменьшается между $\frac{1}{20}$ и $\frac{1}{30}$.

Итак, хорошие современные хо-
доки сопротивляются сопротивле-
нию равное едва 30% части веса
водной призмы, основание кото-
рой равно площади миделя, а
высота равна высоте соот-
ветствующей скорости их хода.

Между тем для судна, для со-
противления достигает едва сот-
ни кубов, требуется масса
машин, развивающая почти
тысячи лошадиных сил; при-
чине этому, как мы увидим
ниже, служат многие безпо-
лезные траты силы машины
на трение частей механизма,
на движение, сопровождающее дви-
жение главного движения и про-
чее.

§ 75. Найти силу машины,
которая способна была-бы соо-
бщить данному судну такое-
либо скорость и составляет один

изъ важнейшихъ вопросовъ практики.
Сила машины Силою машины вообще называ-
 - и ея употребленіе, вонотъ работу, производимую па-
 - ромъ или другимъ двигателемъ,
 - выраженную въ паровыхъ лоша-
 - дяхъ. Работа, производимая па-
 - ромъ въ цилиндрахъ машины въ
 - одну секунду времени, или такъ
 - называемая индикаторная сила
 - машины, равна произведенію
 - изъ давленія, испытываемаго порш-
 - немъ (или поршнями), на про-
 - странство, пройденное поршнемъ
 - въ одну секунду. Давленіе можетъ
 - быть дано въ фунтахъ, или нѣдахъ,
 - или наконецъ въ килограммахъ, а
 - пространство пройденное поршнемъ
 - въ секунду времени въ футахъ или
 - метрахъ; въ зависимости отъ
 - этого и сила машины выразится
 - въ футахъ-фунтахъ, или нѣдо-фун-
 - тахъ, или наконецъ въ килограммо-
 - метрахъ.

Но индикаторную силу маши-
 - ны принято выражать въ более
 - крупныхъ мѣрахъ, а именно въ
 - паровыхъ лошадей, при чемъ усло-
 - вивше за работу паровой лошади
 - считать работу равную 33000
 - футо-фунтамъ въ минуту,
 - или 550 футо-фунтамъ въ
 - секунду, или наконецъ 75 кило-
 - граммометрамъ въ секунду. И
 - такъ, чтобы выразить индикатор-
 - ную работу в. Виркенскаго (В.О. 8 л. № 1).

торную силу машины в паровой лошади, над работой поршней, совершенно или во счастливое время, раздвинуть по 550 мм на 78, смотря по тому 3 бина - и эта работа вбрасывается в сдвиги - сдвиги, или в килограммметры.

Тако называемые паровые машины сила машины не дает никакого определенного понятия о самой машине.

Она понижается, если во вращении работы вместо двойственного давления паров; непостоянного поршня, под действием давления равное 7 мм аммиакским сдвигам на квадратный дюйм. Давление это в паровых машинах было в самом деле близко к истинному, но теперь оно существенно разнится от настоящего и прежний способ измерения работы машины совершенно паровых машин сдвиги, утрачивая все свое значение.

Зависимость Означить индикаторную силу существующей машины через I. Сила эта не зависит от работы, равняется вину, или вращению сопротивление Движению с известным количеством и силой машин - рето, которое только меньше, только передаточный механизм совершеннее. И так, зависимость понижается или в некоторую часть от I, полагая нб, дн и - число

Записки по теории Коробчатостроения

Морского Академического Корпуса

Лист 18

Иван Иванович Кашинский

Дробное, называемое коэффициентом полезного действия машины. Также как сдвовой двигатель при обыкновенном устройстве тратит по крайней мере половину силы, потребляемой им от пара, на безполезные переувлажнение парового воды, вдовароты и прочее, то, из полученной двигателем силы W , он расходует на подвигание судна только некоторую ее часть, например W_1 ; таким образом работа, передаваемая двигателем самому корпусу судна, будет сила W_1 .

Работа эта, при равноотном ходе судна, должна быть равна работе сопротивления встречаемого судном.

Работа сопротивления воды, которую оказав через T , равна силе сопротивления R , умноженной на путь пройденный точкою ее приложения, т. е. центром сопротивления, в единичу времени; путь-же пройденный центром сопротивления в единичу времени равен, очевидно, скорости судна V , т. е.

$$T = R V \dots \dots \dots (8).$$

Подставляя вместо R его величину из формулы (8), имеем:

$$T = \frac{\kappa}{2g} \mathcal{E} v^2. \quad v = \frac{\kappa}{2g} \mathcal{E} v^3 \dots (10).$$

Работа T {уравн. 10} выражается в эррито-эритах или килограмм-метрах. Назовем воодне родоту одной паровой ломоду, вырастет нурь в какой-лидо из двурх про-мемутных нурь, через N , най-демь, что родота сопротивленіе, измнремое паровыми ломодами бидеть:

$$\frac{T}{N} = \frac{\kappa}{2g} \cdot \frac{1}{N} \cdot \mathcal{E} v^3 \dots (11).$$

Полосишь $\frac{\kappa}{2g} = C$, получимь:

$$\frac{T}{N} = \frac{C}{N} \mathcal{E} \cdot v^3 \dots (12).$$

Найдемьне работу, согласно ввнеспозанному, какь разь равна работу двисценіе, вырастетнсь в паровых ломадех, т. е. $= m, \mathcal{F}$, или

$$\frac{C}{N} \cdot \mathcal{E} \cdot v^3 = m, \mathcal{F} \dots (13).$$

Эта зависимость между работою сопротивленіе и силою машины даеть возможность, по дан-ной силе машины найти ско-рость двисценіе еднра. Двискви-тельно, из уравненія (13) нахо-димь:

$$v = \sqrt[3]{\frac{m, N}{C}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\mathcal{F}}{\mathcal{E}}} \dots (14).$$

Выразимь скорость в узлах

и поэтому все коэффициенты будем
(01) брать М, получим:

$$v = M \sqrt[3]{\frac{F}{\mathcal{E}}} \dots \dots \dots (15).$$

Из этого уравнение (15) инди-
каторная сила машины может
быть выражена следующим обра-
зом:

$$F = \frac{1}{M^3} \mathcal{E} v^3 \dots \dots \dots (16).$$

Последнее уравнение показывает,
(11) что работа сопротивления, а вмес-
те с тем и сила машины, воз-
растает весьма быстро вместе
(12) с увеличением скорости хода, а
именно - пропорционально кубу этой
скорости, так что, для достиже-
ния скорости напорного в 3 раза
большей, должно иметь машину
придизигателью в 27 раз более
сильную.

Общие замечание

Резюмируя все сказанное в этой
главе, мы видим, что Клеманс,
в основании своей теории, приняв,
что гидростат совершенна, т.е. ка-
стухи ее не оказывают трение
на движущиеся в ней тела и
между собою; поэтому все сопро-
тивление относится единственно
насчет взаимного трения жидко-
сти и тискоств. Эта теория
довольно точно подтверждается
опытами, если эти последние

производится под действием, движущимся по направлению своей нормали, потому что в этом случае на величину сопротивления преимущественное влияние, очевидно, оказывает удар частицы жидкости о тискость; но подобие все опыты, произведенные над судами существующих конструкций, дали результаты далеко расходящиеся с теорией; это обстоятельство и дало повод думать, что во составе силы сопротивления должны входить и эти элементы, необходимо присущие всякой физической жидкости, которые Абботом не были приняты во расчет, т. е. трение, липкость, вязкость и проч.

Мнение о теории сопротивления воды Ранкина на суда обыкновенной конструкции. Элементы входящие в состав полного сопротивления жидкости. Опыт Фрйда над трущимися сопротивлениями воды. Сопротивление от водоворотов. Опыт Фрйда над сопротивлением от образования волн. Максимум и минимум сопротивления от образования волн. Практические способы определения полного сопротивления воды на суда.

Трение, как при-

§ 76. В некоторых известиях пре-

лица сопротив- ление воды. тель, какъ то: Вейсбаахъ, Редтенбасеръ,

Ранкинъ и другіе приняли къ удив-
лению, что въ сопротивленіи жид-
кости, въсплывающей тѣло съ таб-
личкию обводками, главную роль иг-
раетъ третіе, и что сопротивле-
ніе воды на современныя суда мо-
жетъ быть опредѣлено, по край-
ней мѣрѣ въ вопросахъ практики,
только на основаніи закона тренія
воды о поверхность судна, поимено-
ванъ упомянуто выше, подѣ своимъ
третіе совокупность явленій вязко-
сти, притяжаніе, а равно и самого
тренія воденныхъ частицъ между
собою.

Законы тренія жидкостей, най-
денныя еще выразитъ наслѣдство
стоитъ изъ опыта и наблюде-
ній теченія жидкостей по трубамъ
и канонамъ, суть слѣдующіе:

Законы тре-
нія жидкостей,

1.) Треніе жидкости пропорціо-
нально ея густотѣ δ .

2.) Треніе жидкости пропорціо-
нально площади S , тронущей по-
верхности и

3.) Треніе жидкости пропор-
ционально суммѣ двухъ количествъ,
изъ коихъ первое представляетъ вѣ-
соту сопротивляющей взаимной
скорости жидкости и поверхности,
т. е. $\frac{v^2}{2g}$, а второе состоитъ изъ той
же скорости V , взятой въ первой
степени и умноженной на некото-

рбий коэффициент Ψ .

На основании этого закона по-
лучаем формулу:

$$R = f \cdot \delta \cdot \delta_0 \left(\frac{v^2}{2g} + \Psi v \right) \dots \dots (1).$$

В R есть сопротивление воды, f и Ψ —
постоянные коэффициенты. Опытным
многочисленным наблюдением показано,
что член Ψv выражает собствен-
но влияние вязкости жидкости и что
его коэффициент Ψ представляется
степ. малую дробь, что при скоро-
стях больших V сгрупп. в секунду
(1,8 узлов) этот член совершенно
ничтожен в сравнении с $\frac{v^2}{2g}$. По-
этому в практике достигается
достаточная точность, принимая
для трения более просто фор-
мулу:

$$R = f \cdot \delta \cdot \delta_0 \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2).$$

Что касается относительной ско-
рости v , с которой вода проте-
кает по движущейся свободной поверх-
ности, то замечим, что она, для
каждого элемента этой поверхно-
сти будет иная, так как она
зависит от ширины струйки, на
которой протекает струя воды.
Вследствие этого, для определения
полного сопротивления R , является
необходимость вычислить его для
каждого отдельного элемента
струи, или по крайней мере, для

каждого тонкого отрезка его и затем взят сумми сумм таких сопротивлений. Профессор Раткин, поступив таким образом, т. е. определив сопротивление каждого отдельного горизонтального отрезка судна, полагает, что сумма этих сопротивлений, или полное сопротивление R на учебный корабль, может быть выражено следующей формулой (2), если под бук-

Приращенная поверхность Раткина. В длина различит прямой скорости судна, но за то под буквоты So не подводит поверхности, но так называется приращенная поверхности. Этот приращенная поверхность определяется по особой формуле, данной тем же Раткиным, почему и носит название приращенной поверхности Раткина.

Теория этой поверхности, достаточно сложная, неоправдана однако ожидавшимся от нее практическим результатом (*), что прои-

(*) Приращенная поверхность Раткина выражается следующей формулой:

$$S_0 = L \cdot h \cdot (1 + 4 \sin^2 \alpha + \sin^4 \alpha), \text{ где}$$

L — длина корпуса по грузовой ватерлинии.

h — средняя ширина грузовой ватерлинии, $(1 + 4 \sin^2 \alpha + \sin^4 \alpha)$ — коэффициент приращенной, где α есть угол, образующий касательную в точке перегиба в носовой части ватерлинии с осью абсцисс.

Литература Н. Е. Ермаков (В.О.Д.л., №1).

затем вслѣдствіе упрощенія нѣкоторыхъ элементовъ, сопровождающаго движеніе судна и вліяющаго на величину сопротивленія.

Упрощеніе показано, что величина сопротивленія по способу Ранкина, получаются результаты довольно близкіе къ истиннымъ, но только лишь для умеренныхъ скоростей. Съ возрастаніемъ же скорости результаты опыта и вычислений разнятся весьма значительно, потому что, при быстромъ движеніи судна, около него образуются волны, вліяющія съ тѣмъ измѣняется и величина самого сопротивленія, а именно увеличивается. Движительно, для образования волны, т. е. для подъема и перемещенія некоторой массы воды, требуется затратить некоторую работу движителя; влѣдствіе этого на подвиганіе сопротивленія отъ тѣнень воды и на подвиганіе судна остается уже не полная работа движителя, но уменьшенная количествомъ работы, затраченнаго на образованіе волны.

Важнѣйшій вопросъ, что способъ Ранкина или, иначе говоря, способъ вычисленія величины сопротивленія воды, данъ ли какое время въ должномъ употребленіи у англійскихъ судостроителей и,

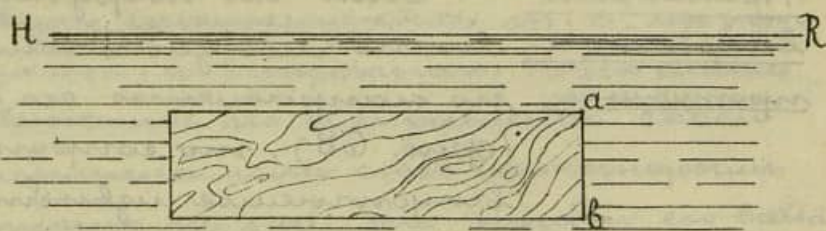
Литература: Методъ Ранкина

как упомянуто, давая хорошие результаты во вращательных и линейных скоростях. Главнейшая заслуга теории Рункина заключается в том, что она позволила руководителю и многим другим изобретателям, во главе которых первое место принадлежит английскому инженеру Фрэнду (Frond), опыты которого, относящиеся к концу 60-х и началу 70-х годов, несравненно превосходили все, ранее сделанное по вопросу о сопротивлении воды.

§ 77. Прежде чем изложить опыты Фрэнда, необходимо отметить несколько предварительных замечаний относительно термидов, которые будут постоянно встречаться в последующем. В § 72-м было уже упомянуто, что всякая физическая величина отличается от идеальной тем, что частицы ее имеют некоторую связность и массу и при движении одна по другой производят трение.

Кроме того, при движении в жидкой среде тем больше мощности, обнаруживаемые еще и трение частиц о поверхность трущихся поверхностей. Этого тем больше. Совокупность всех этих явлений и есть то, что называется трением или сопротивлением.

Если таким образом, мы вообразим себе, что во воду погружен безконечно-тонкий лист (фиг. 67) и заставим его двигаться во воду так, (фиг. 67.).



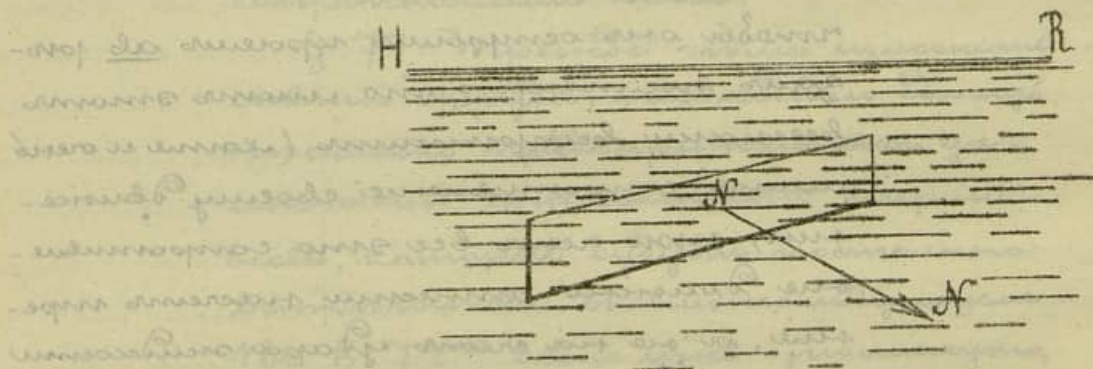
чтобы от острия крошеч ab разорвать последнюю, то лист этот всетаки встретит (хотя и очень малое) сопротивление своему движению, при чем все это сопротивление должно отнести на счет трения, а не на счет удара жидкости о край ab, потому что мы вообразим себе его безконечно-тонким; на практике край ab можно считать таким-же острым как лезвие ножа, вследствие чего сопротивление от удара жидкости будет так ничтожно, что его можно не принимать во расчет.

Величина тругающегося сопротивления зависит во 1^ю) от площади и длины листа. Опыт показывает, что лист той-же площади, но разности длины испытывает

различное сопротивление (под-
разд. 284) (подразд. 284).
Величина индуцируемого сопротив-
ления зависит от ρ (или от степе-
ни подкости или шероховатости
движущейся в данной среде
по поверхности).

Прямое или Величина сопротивления в воде
ветровое со- имеет или заставляли двигаться
противление. по направлению его нормаль N
(рис. 68), то сопротивление или
ветровое известно под на-

(рис. 68).



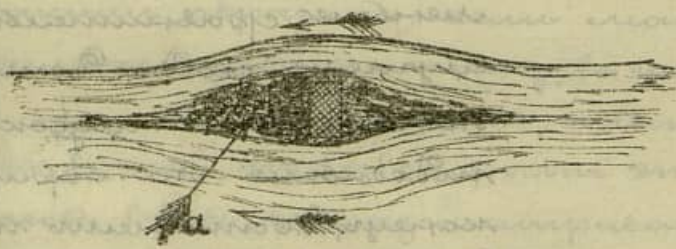
зависит прямое или ветровое
сопротивление.

Это сопротивление не имеет
ничего общего с индуцируемым сопро-
тивлением и зависит от совер-
шенно иных факторов, чем по-
следнее. Ветровое сопротивление
близко следует законам Кель-
вина (§ 72), т. е. пропорционально
площади движущейся массы, про-

параллельно почти квадратной скоростью его движение.

Если же накануне зачина-
ющим погружением в воду листь
плавать под каким-либо уголом
к его поверхности, то сопротивление
или сопротивление слагается из
двух компонентов, т. е. из гид-
родное и ветровое. Когда листь
движется по направлению своей
поверхности или под каким-либо
сопротивление уголом к ней, то позади его всегда
или водоизогн- образующая водоизогн, как это
видно на рисунке 69.

(рис. 69.).



а — водоизогн.

Вращательное движение растия
воды или водоизогн, происходящий
сзади доски, представляет также
одну из составных частей сопро-
тивление гидродинамическому движению то-
го. Если движущийся в гидродинамическом
листь погружен не совсем, то верхний край его находится не-
посредственно под горизонтальной водой, а
самое движение листа происходит

по направлению его пористости, или
под углом к ней, но не перпендикулярно,
то по направлению хода отъ будетъ при-
поднимать воду передъ собой (или
сопротивление подъ собой) и пологими волнами, ко-
торые будутъ расходятся въ сто-
роны и постепенно затухаютъ
набавши. Производство этихъ волнъ
требуетъ затраты силы и та-
кимъ образомъ представляетъ но-
вый элементъ сопротивления,
связанный двусмысленно тѣмъ.

Погруженное тело глубже, или
затопитъ. Знать, что, при движении
его, волны, образующиеся на сво-
бодной поверхности воды, будутъ
меньше сравнительно съ тѣмъ
случаемъ, когда доска была погру-
жена меньше глубже; поступая
подобнымъ-же образомъ, или на-
конецъ достигнемъ такой пре-
дѣльной глубины, съ которой дви-
жающееся тело уже не можетъ
производить поверхностныхъ волнъ.
Въ этомъ случаѣ движение
тела съ тѣмъ-же скоростью
потребуетъ затратить меньше
работы движителя, чѣмъ при
неполномъ погруженіи его и при
той-же скорости движения. Пла-
вающее съ упомянутой предѣль-
ной глубины и глубже, или мо-
жемъ сказать, что величина со-
противления не зависитъ отъ гу-

Значит сопротивление.

Трудились судно Далеко сопротивление трудились, или стелю сопротивление было произведено корпуса.

много отбавов разлитым изем-
дательством, но самые отбавы при-
поднесают беззастенчиво отбаву. Но
нашем, что трудились сопротивление
может быть изматриваемо
количеством поступающего дви-
жения, сообщаемого движущимся
телом, прилегающим к нему
частицам воды. Как известно
из механики количеством дви-
жения какого-нибудь тела на-
зывается произведение из массы
его m на скорость движения v .

Таким образом, если масса,
прилегающая к телу, в како-
моду движение движение, частица
воды есть m , а скорость этой
массы воды в рассматриваемое
мгновение есть v , то количество
движения, а следовательно и тру-
дились сопротивление есть mv .

Если частица воды, приле-
гающая к движущемуся телу,
получает движение в направ-
лении движения течения, при-
чем самые частицы, состав-
ляющие этот слой, движутся в
нем (вспомните течение-не от-
но) в моментный водовороты.
(см. стр. 71). Разделение на ко-
тором трудились сопротивление

(См. 70.).



возмущает воду, т. е. толщина
слоя, измывается во зависимости
от скорости движения тина и
других условий. Образующаяся на-
шим образом трупная струя
постепенно истощает от дви-
жающегося тина, сохраняя однако
поступательное движение в сторо-
ну движения тина, и образует
также называемый „трупная струя“.

Поступательное движение этой струи
передается все движущей массе воды,
а тина как компрессия движения, по-
лученная трупная струя от тина,
остается тина, т. е. туп, то
является, что со увеличением массы
туп, скорость туп должна соответ-
ствующим образом уменьшиться,
так как только при этих усло-
виях произведение туп будет сохра-
нено постоянно для и ту-же вели-
чины. Когда наконец движение труп-
ной струи передается очень значи-
тельной массе воды, то скорость
уменьшается на столько, что и

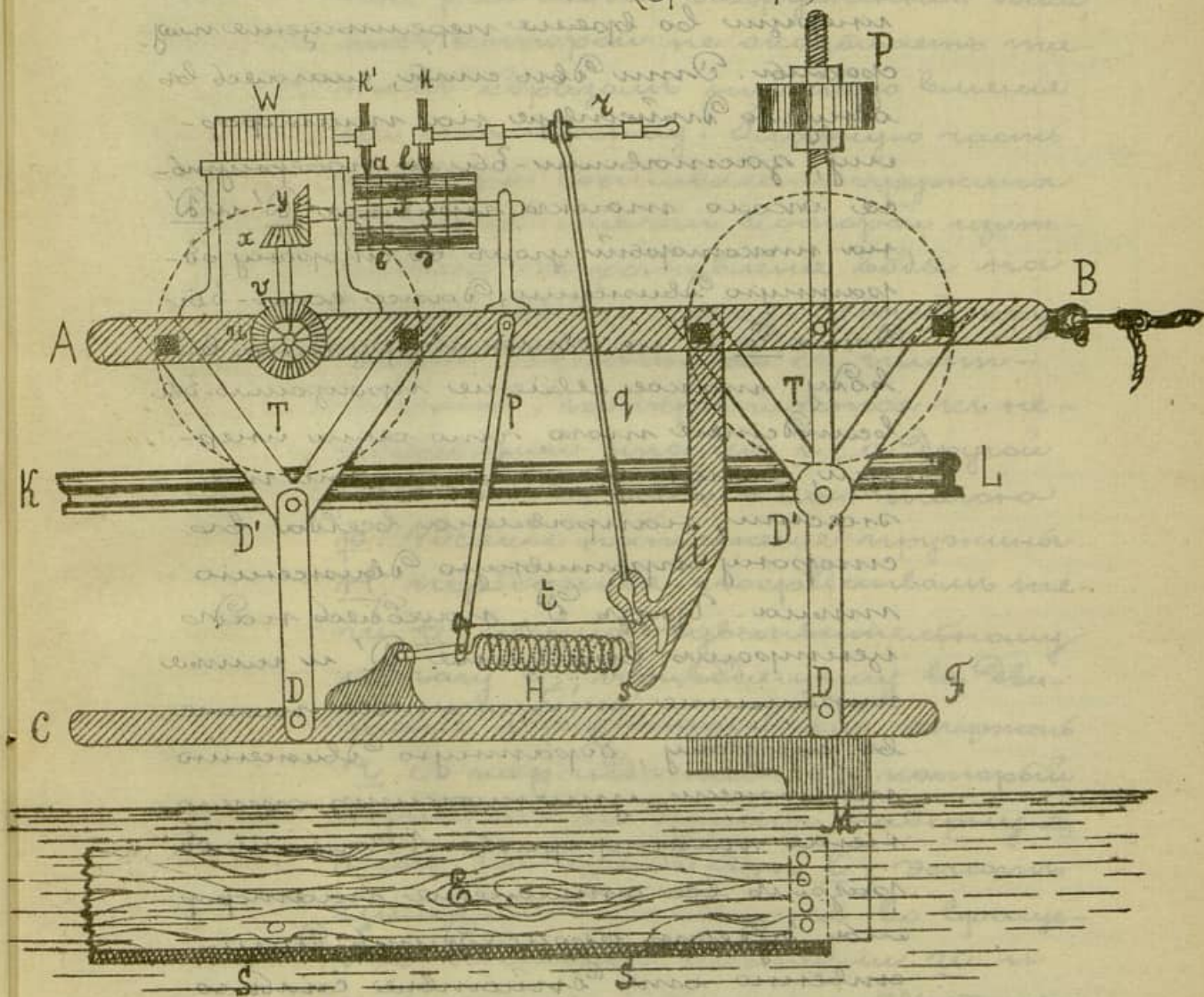
Литография К. Курасовского (В.О.Б.ч. № 1.).

во все пересечение зонтиком движение воды.

Движение воды Движение воды производится динамометри- в специально устроенном бассейне реки прибором посредством динамометрического прибора изображенного схематически на (рис. 71).

Вдоль бассейна, на котором висит, были установлены рельсы 102, по которым катается тележка

(рис. 71).



Зонтики по теории Коранди-мостов

Морского Академического Корпуса

Титул: Штаб-Капитан В. В. В. В.

Лист 19^я

ка AB, установленная на ко-
сах TT. Къ телушки AB на шар-
нирахъ DD подвешена матриар-
ша СБ. Одна изъ поддерживающихъ
матриаршу точекъ продолжена
вверхъ и на ней насажена грузъ В,
чтобы матриаршу СБ привести
въ безразличное положение равно-
весье и такимъ образомъ, устраи-
вить двѣ силы тяжести
вместѣ съ проявляющееся силой
инерции во время перемѣщенія ма-
триарши. Эти двѣ силы, начинаясь въ
одну и двѣящиеся на матриар-
шу, заставляютъ-бы ее повернуть-
ся около точки привѣса D' и D'
на некоторый уголъ въ сторону об-
ратную движению, даже если-бы
доска Е и не была погружена въ
воду; такое явление произошло-бы
вслѣдствіе того, что сила инер-
ции, начинающаяся съ силой тя-
жести, направлена всегда въ
сторону противоположную движенію
тела. Грузъ В, находясь надъ
центромъ вращенія D' и имея
стремленіе отклониться можетъ
въ сторону, обратную движению
телушки, причиняющее откло-
неніе матриарши. Такимъ об-
разомъ все отклоненіе матриар-
ши будетъ происходить един-
ственно отъ двѣящихся силъ со-
противленія воды. Доска Е при-

притянута к нижней части шат-
формы СБ. На нижней грани доски
вставляется свинцовая пластина
Д, весь которой должен быть
разгнетан таким образом, что-
бы он влился в впадину доски
равнению коже раз в длину
доски с пластиной при пол-
ном их погружении. Другого
разгнетан доска не достигает безразлич-
ное равновесие погруженной доски,
весь которой не оказывает та-
ким образом никакого влияния
на шатформу. Главную часть
прибора составляет пружина
Н, посредством которой изы-
щается сопротивление воды на
доску. Одним концом этой пру-
жины, соединенной с шат-
формой, прикрепляется к не-
подвижной стойке и, а другой
соединен с подвижной частью
р. Всякое натяжение пружины
Н передается посредством ме-
хи т весов чувствительному
рычагу ф, приводящему в дви-
жение горизонтальный стержень
ч с карандашем к, который
перемещается по дугам на верши-
нах конусов л; этот
конус приводится во враще-
ние помощью шестерни и и
конических зубчатых у, х, у,
при чем скорость его вра-

цения находится во известном от-
ношении к скорости движения те-
лоса.

Другой карандаш K' , прибо-
димый во движение посылным меха-
низмом W , отбивает на по-
сле цилиндра точки через рав-
ные промежутки времени. Ма-
шинный образец, протертый каран-
дашем K края ab нулевого на-
тесения пружины H и, пока-
зывающего тем самым, получаем
величину сопротивления воды во
каждый момент движения, вы-
ражаемую ординатами y кри-
вой ad . Сама машина приводит-
ся во движение посредством веревки,
одна концы которой закреплена
за переднюю ее часть, а другой
навертывается на барабан, вра-
щаемый осью небольшого машин-
ного, постоянного скорости ко-
торой поддерживается весами
известительным регулятором.
Из описания привода мы видим,
что движением его замедляется
во 1^ю) во том, что движение
доски E строго равномерно и
во высшей степени равномерно
и во 2^ю) скорость и сопротивле-
ние измѣняются съ двойною то-
чностью.

Модельный опыт. Не вдаваясь во подробности мно-
гого опыта. рассмотрим и разнообразный

опыты Фрайда, вычисленные в таблицу
результаты или добитые

Вид поверхности	Длина поверхности или отношение от водопропускного края в футах.											
	2 фута			8 футов.			20 футов.			50 футов.		
	А.	В.	С.	А.	В.	С.	А.	В.	С.	А.	В.	С.
Полусферическая	2,00	0,41	0,39	1,85	0,325	0,264	1,85	0,278	0,240	1,83	0,250	0,226
Парусиновая	1,55	0,38	0,37	1,94	0,34	0,260	1,93	0,271	0,237	—	—	—
Каменноугольная	1,93	0,87	0,725	1,92	0,626	0,504	1,89	0,531	0,447	1,87	0,474	0,423
Мелкий песок	2,00	0,81	0,690	2,00	0,533	0,450	2,00	0,480	0,384	2,06	0,405	0,337
Средний песок	2,00	0,50	0,730	2,00	0,625	0,488	2,00	0,534	0,465	2,00	0,488	0,456
Крупный песок	2,00	1,10	0,880	2,00	0,714	0,520	2,00	0,588	0,430	—	—	—

Въ приведенной таблицѣ содержатся сопротивленія воды на водопропускныхъ футахъ поверхностей различной длины и разныхъ качествъ, т. е. различной степени гладкости, при равнолнрныхъ скоростяхъ движенія. Въ каждой цифрѣ обозначеннаго длины поверхности находится столбецъ А, В, С.

Въ столбцахъ А показаны степени скорости, пропорціонально которѣмъ возрастаетъ сопротивленіе въ увеличеніи доски, или степени, какъ видно изъ таблицы, водные

несколько уменьшается; для поверхностей
эже, нагретых нескль, этот элемент
остается постоянно равным $Q_{\text{н}}$. Уточне
справку А показывает нам, какое
именно влияние на величину сопротив-
ления воды оказывает степень шеро-
хотости движущейся поверхности. Мы
видим также, что для очень
шероховатых поверхностей трение
сопротивление увеличивается пропорцио-
нально квадрату скорости движения
ее.

Въ стальномъ подѣ дугаго № така-
зато среднее сопротивленіе на одинъ
квадратный футъ, при движеніи со
скоростію 600 футовъ въ минуту
($\frac{600}{2.52'8''} = 5,7$ узла); это среднее сопро-
тивленіе получается такимъ обра-
зомъ: определенное изъ опыта
сопротивленіе, испытываемое доскою
данной площади, при движеніи ея
въ складности со данною скоростью
(600 ф. въ минуту), делится на самую
площадь доски, притомъ очевидно и
получится сопротивленіе, приходя-
щееся на одинъ квадратный футъ
доски. Какъ видно изъ таблицы, это
сопротивленіе вообще гораздо умень-
шается съ увеличеніемъ длины доски
отъ 2' до 50'.

Въ столбѣ 6 показано сопроти-
вление, приходящее на одинъ квад-
ратный футъ доски и, кромѣ того, въ
разстояніи отъ водоразнаго края на

тало сруть, обозначенное въ заголовки надъ буквами A, B, C, т. е. на первомъ, показано сопротивление при движении на длин квадратный сруть у задней кромки каждой изъ досокъ 2^{ой} срутовой, 8^{мм}, 20^{мм} и 50^{мм} срутовой длины. Изъ этого столбца видно, что упомянутое сопротивление уменьшается также, какъ и въ предыдущихъ столбцахъ, т. е. влечетъ съ увеличениемъ длины; кромъ того увеличивается влечетъ съ увеличениемъ шероховатости поверхности. Дубовы, произведенныя срудами подъ досками длиной больше 50 сруть, показывают, что среднее сопротивление на квадратный сруть остается неизменнымъ также самое, какъ и для длины въ 50 сруть. Срудъ объясняетъ это важное обстоятельство тѣмъ, что часть поверхности, идущая впередъ по направлению движения, испытываетъ сопротивление воды, въ свою очередь влечетъ на воду, придавая ей движение въ томъ-же направлении въ которомъ само движется; такими образомъ следующие части поверхности вслѣдствіе уже не спокойную воду, а немало движущуюся въ томъ-же направлении, и потому не могутъ испытывать такого сопротивления, какъ передняя часть.

Во многихъ старыхъ теоріяхъ сопротивление подводной поверхности судна подраздѣлили на болѣе число

противление воды на судно, единствен-
ным удовлетворительным методом
могут служить методы наблю-
дений, производимых надъ добрыми
судовыми моделями, имитирующими очер-
тания действительного судна.

Другие замечания

Упомянутое все изложенное о со-
противлении воды, видя, что ученые
прошедшего столетия (Ньютона и
другие) полагали, что движущаяся
вода сильно претерпевает только
прямое сопротивление своему движе-
нию, равное работе, затраченной на
преодоление пути в жидкости по-
стоянно движущегося (§ 68 фор-
мула (8)).

Но и Ньютона и некоторые изъ
дальше, какъ напр. французский
инженеръ Воффа, на основании
того сопротивление значительно зави-
ситъ и отъ претия. Въ 1840^{го}
докторъ профессора Ванкель пришелъ
къ заключению, что правильно обра-
зованное судно не испытываетъ
много сопротивления, кроме сопротивле-
ния отъ претия, которое пропорциональ-
но квадрату скорости. Все эти тео-
рии были построены эмпирическими
методами и потому мало оправдались
на практике, а учение о сопротивле-
нии воды не подвигалось, даже при
уражении Ньютона, пока Фрэдъ, поль-
зуясь своимъ изобретением, не применилъ
къ изсѣдованию сопротивление чисто

Генералъ Штабъ-Капитанъ *В. В. В.*

гидравлический методъ. Для насъ, что сопротивление, оказываемое водой прохождению судна состоитъ изъ: 1.) сопротивление отъ трения, которое пропорционально квадрату скорости (v^2) только для шероховатыхъ поверхностей при всякихъ скоростяхъ, а для гладкихъ — лишь при небольшихъ скоростяхъ; во всякомъ случае оно пропорционально степени 1,83 скорости ($v^{1,83}$); (степень эта въ предлагаемыхъ таблицахъ, измѣняется отъ 2 до 1,83).

2.) Второй элементъ сопротивления есть сопротивление отъ образования за корня водоворотовъ и

3.) Сопротивление отъ образования волнъ.

Сопротивление отъ образования волнъ относительно второго элемента т. е. образования за корня водоворотовъ, необходимо замѣтить слѣдующее: Опытъ Фрэнкля показанъ, что для судовъ правильной обрѣзки, т. е. имеющихъ плавные и заостренные въ корнѣ очертанія водоворотное сопротивление составляетъ незначительную часть всего трущающаго сопротивления, а именно, колеблется около 8% послѣдняго. При полныхъ и крутыхъ корневыхъ очертаніяхъ, вѣроятно постепеннаго заостренія концовъ ватерлинии, водоворотное сопротивление

значительно увеличивается. Для кор-
мации таких судов обыкновенно
используются большие или меньшие зна-
чительные массы воды, называе-
мые „мертвой водой“ или „жидкой
коричной“ которая есть ничто иное
как водоворотный слой. Подобный
формы корабля крайне неудобны, ибо
благодаря им увеличивается сопро-
тивление; отсюда увеличивается также
во всех случаях, когда сопротивление
воды приходится преодолевать
для удовлетворения другим более
важным требованиям.

Известные в наши дни „Кле-
мента Наварро“ и „Винс-Адмирал По-
пова“, построенные для береговой обо-
роны, имеющие очень полные кар-
мовые образования и большие водоиз-
мещение сравнительно с крайними
размерами, испытывают все-
ма большое водоворотное сопротив-
ление. Они предназначены для все-
ма специальной службы, а именно,
чтобы носить большую артиллерию
и тяжелую броню, а потому эконо-
мичность двигателя вовсе не имеет
бы при них значения. Согласно Фриду, сказавшему, что
„тяжелые корабли, а не носы, придают
водовороты“, видим что в выборе
формы носовых очертаний мы можем
иметь больше простора; что же ка-
сается корабля, то очертанием ее от

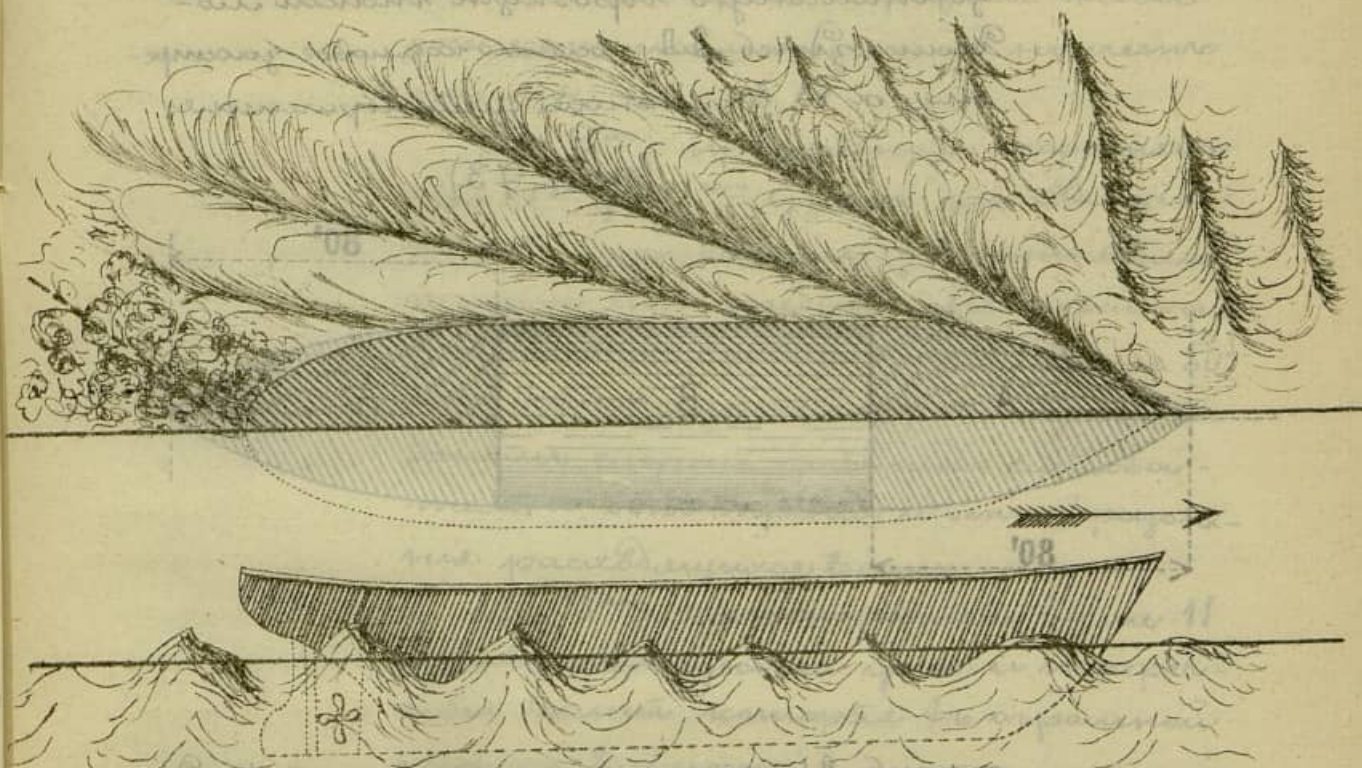
должны придавать сколь возможно боль-
шие заострения и туповость.

Мачты сфрыда § 78. Мачтование и использование
мачт сфрыда сфрыда значительно пожимии итв-
ление сфрыда миее до него свадние одь одуем
завания воинь. характер воинь, сопровождающих
сфрыда.

Расходующиеся Производятся отношения сфрыда сфры-
поперечные во- мачт, сфрыда преседе всего заимтвии, что,
мачт при движении сфрыда во морь, итв-
модели во бассейне, образующие во-
инь двух родов: 1) расходующиеся, ко-
торые движутся за сфрыдом, со-
ставляющие некоторый угол с диамет-
ральной плоскостью, при чем каж-
дая воина не представляет непре-
рывного ряда, а образуется из ра-
ды участков с постоянными просри-
лем; 2) поперечные носовые и попе-
речные кормовые воинь, распола-
гающиеся параллельными рядами,
перпендикулярными к диаметраль-
ной плоскости. Ряды первой из
этой ряда воинь держатся всегда
непного пояди водориза (срм. 72).

Для использования влияния на сфрыда
поперечных воинь, сфрыда построено
модели сфрыда, при чем все они итв-
одну и ту же ширину = $38'4''$ и тв-
чение = $14'4''$, но длины их были раз-
личные, начиная с 500 сфрыт и итв-
чрез 20 сфрыт до 160 сфрыт. Модели
этих сфрыд помучались оть вставления
цилиндрических отпрысков различной

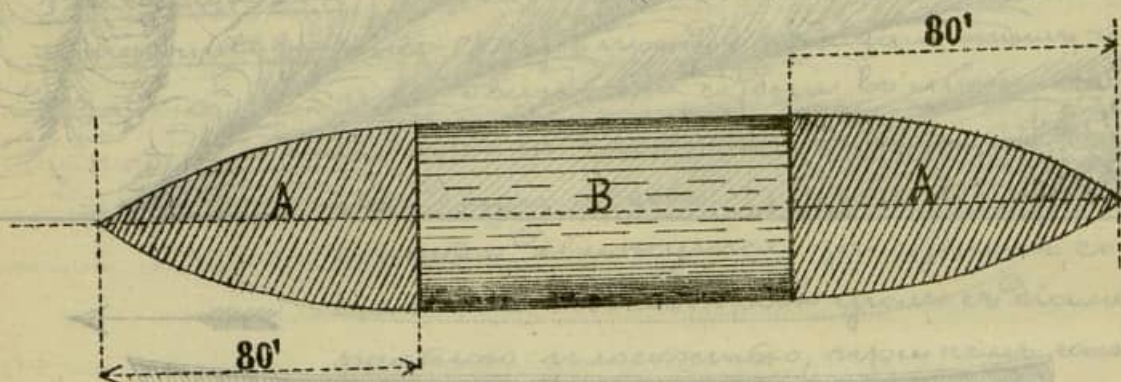
(Фиг. 72).



Длина между постановившим носовой и кормовой частями по 80 футов каждая. Вся часть модели длиннее в $\frac{1}{25}$ натуральной величины для судов более длинных и в $\frac{1}{20}$ для более коротких. При помощи своего аппарата отбрасываю эти модели с различными скоростями от 14,4 узла до 4 узлов, при чем okazaло, что для различных судов, но при одинаковых скоростях получаются одинаковые волны; при различных

скоростей для одного и того-же судна поперечные разлитые волны.

(Фиг. 73.) представляет горизонтальную проекцию такой модели; здесь АВ носовое кормовое зорение, а В вставная цилиндрическая (Фиг. 73.).



волны. Изучая поперечные волны, Фрэдъ кроит такое зорение, что, во рту носовых волн, самые высокие гребни находятся у носа судна и, как сказано, в некотором удалении от форштевня. Расположенъ по нормали къ диаметральной плоскости, эти волны бьются небольшою длиной и къ концу постепенно сглаживаются до горизонта воды. Совершенно такое зорение относится и къ кормовым поперечным волнам. Долгие опыты во 1^ю) что при малых скоростях, около 1⁴^ю узловъ, не расходящихся эти поперечные волны

не достигают такой разлитости, чтобы оказывать практически заметное влияние на сопротивление, которое возникает образом под действием искривления поперечного сечения.

№ 2^е) при средних скоростях от 4^е до 11^е узлов, расходящиеся волны становятся заметными, и линия их средней обшивки отклоняется продольно на 40° или 50° от линии курса; сопротивление в этом случае зависит сильнее от трения и от образования расходящихся волн.

№ 3^е) при скоростях выше 11 узлов, образуются уже и поперечные волны, которые в огромной мере влияют на сопротивление, состоящее в этом случае из трения, двоякие расходящиеся волны и двоякие поперечные волны.

Относительно расходящихся волн было замечено также, что ими одна из них (с каждой стороны) касается борта судна, вливая же точка сдвинутой расходящейся волны находится в некотором от него удалении. Чтобы объяснить это явление таким образом: „кильобразное носовое заострение, идущее вперед, поднимает с обшивки стороны мощную косвенную волну доминирующую или меньшую разлитость, сообразно со скоростью и остроугой киля, а эти

волны уже сами по себе образуются
 предъ расходящимися предней, которой,
 разь образовавшись въ некоторомъ
 разстоянии отъ носа судна, свободно
 расходятся въ стороны и не оказы-
 ваютъ долбительнаго вліянія на со-
 противление". Длина этихъ волнъ,
 т. е. разстояние по горизонталь-
 ному направлению отъ носней
 точки подюбки до вѣсней точки
 предней, возрастаетъ, по мере
 возрастанія хода. Поперечные
 волны все касаются борта
 судна, что увеличиваетъ на происхож-
 деніе вѣтровъ ихъ отъ вѣсней судно-
 вой поверхности по окружающую
 воду. Это объясняетъ почему,
 почему эти волны больше вліяютъ
 на величину полнаго сопротив-
 ленія, чѣмъ первыя. Длина попе-
речныхъ волнъ увеличивается про-
порціонально квадрату ско-
рости.

Положеніе пред- Измѣненіе результатовъ много-
нѣ или подюбки тѣхъ опытовъ показано, что из-
поперечной вол- мѣненіе отношенійнаго положеніе
на по длине волны и скоростной части чувствѣ-
судна оказы- тельно вліяетъ на сопротивленіе ходу
ваетъ вліяніе моделей съ тѣхъ же вѣсними носова-
на величину ми и кормовыми застрѣлками,
сопротивленіе какъ по формулѣ 67° , то съ измѣ-
 нѣннейшей длиной средняго, вѣснѣна-
 го цилиндрическаго тѣла. Когда
 длина и скорость модели были

Литогрфія К. Вукачевскаго (В.О. 84. №).

расчитаны так, чтобы предельной из волн поперечных рядов приходилась на середину или вблизи к середине кормового заострения, то сопротивление увеличилось. Наоборот, если длина модели и скорость ее были подобраны так, чтобы на упомянутом месте приходился подлив одной из поперечных волн, то сопротивление увеличилось.

Это явление объяснено таким образом. Факты показывают, что абсолютное движение частиц воды во поперечных волнах совершается по направлению обратному скорости движения судна, или по крайней мере, обратно движению носовой стрелки, если носы направлены к правому борту судна и наоборот.

Максимум и минимум сопротивления в зависимости от положения судна относительно подлива носовой кормовой волн, то абсолютная скорость относительно поперечных волн, то сопротивление увеличивается, и наоборот.

Другими словами: в продольном направлении движение от носа к корме, а в поперечном — от кормы к носу. Следовательно, если подлива носовой кормовой волн совпадает с подливой кормовой волн, то абсолютная скорость относительно поперечных волн увеличивается, и наоборот.

Вопросы по теории Кордильер

Морского Инженера Кордильера

Лист 20.
Иван Шибанов - Канцлер

торый, какъ сказано, имѣетъ место при помѣщеніи середины кормы на по-
домы. Если же предельная волна
совпадаетъ съ подомой кормовой, то
происходитъ явление, известное въ
физикѣ подъ названіемъ интерференціи,
при чемъ абсолютная скорость волне-
нѣхъ остается неизмѣняющеюся, ибо сна-
чала скорости направлены въ сто-
раны прямо противоположныя. Когда эта
скорость достигаетъ значенія равнаго
нулю то вода за кормой остается въ
покое, — трупяное море, то
естъ судно какъ-бы не возмущаетъ
воды, или же получаетъ отъ кормовыхъ
волнъ то количество живой силы, ко-
торое израсходовано на образование
носовыхъ волнъ. Здѣсь бы имѣло
судно минимума сопротивленія,
при чемъ какъ упомянуто, середина
кормы приходится на предельную попереч-
ную волну.

Законъ геометри-
ческаго подобія.

Для перехода отъ сопротивленія
на модели къ сопротивленію на судно
Фрэдъ въ 1871^{мъ} году произвелъ рядъ
опытовъ надъ корветомъ „Greyhound“
и надъ моделью этого судна въ $\frac{1}{16}$ доли
настоящей величины. Но основаніи
этихъ опытовъ Фрэдъ ввелъ законъ
геометрическаго подобія, который за-
ключается въ слѣдующее:

Если въ сходствѣ движутся три-
ма совершенно подобныя другъ другу
и если ихъ скорости относятся между

содой какь корани квадраты изъ
сходственныхъ разитерей (или какь
корани шестой степени изъ водонизит-
ицей), то сопротивление, зависящее отъ
сформы тѣла, а также отъ движенья
судна или движителя, пропорціональ-
ны водонизитицей тѣла, или судна
сходственныхъ разитерей.

Въ измѣненіи мощности гид-
кости эти сопротивления измѣняю-
ся прямо пропорціонально мощности.
Корани тѣла, образующаго движу-
щуюся тѣлаши относится между
содой какь разитери сошнихъ тѣла.
И такъ называю чрезъ D отношение
линейныхъ разитерей модели и суд-
на, по правилу геометрическаго подоб-
іа тѣла

$$\frac{\text{Сопротивленіе на судно}}{\text{Сопротивленіе на модель}} = D^3,$$

если соблюдено условіе, имѣющіе:

$$\frac{\text{Скорость судна}}{\text{Скорость модели}} = \sqrt{D} \dots \dots (a).$$

Дале Freighound'a и его модели
это отношеніе D равносво 16 (ибо
величина модели $= \frac{1}{16}$ величины Frey-
hound'a). Повторю этихъ законовъ
Фрейдъ произвелъ такимъ образомъ: онъ
опредѣлилъ сопротивление на модель
при скоростяхъ, соответствующихъ
тѣлу, при которыхъ было опредѣ-
лено сопротивление на "Freighound" не-
посредственнымъ опытомъ, т. е. при
такихъ скоростяхъ, которые удовле-

творем условием (а) и при кото-
рых враще от модели были про-
порциональны враще от корвета;
(коэффициент пропорциональности
очевидно $= \frac{1}{16}$). Обозначая сопротивле-
ние на модель через $R_1, R_2, R_3, \dots$
при скоростях $v_1, v_2, v_3, \dots$, полу-
чим соотношение на судно:

$$R_1 D^3, R_2 D^3, R_3 D^3 \dots \dots \dots (b).$$

или подставляя вместо D его величи-
ну, т. е. 16, найдем, что сопротивле-
ние на корвет выражается через:

$$R_1 16^3, R_2 16^3, R_3 16^3, \dots \dots \dots (c)$$

и соответствующие скорости судна
будут (из уравнения (а)):

$$v, \sqrt{16} = v_1 \cdot 4, v_2 \cdot 4, v_3 \cdot 4, \dots \dots \dots (d).$$

Отсюда можно сопоставить с эти-
ми выводами. И так, если скорости
проектируемого судна заданы, то
построить его модель и придать ей ско-
рости, удовлетворяющие уравнению
(а), найдем из опыта сопротивление
на модель, т. е. найдем $R_1, R_2, R_3, \dots$
а затем по произведению (b) най-
дем и сопротивления на судно. Знае
какая связь существует между силой
машин и работного сопротивления,
и определив это последнее, легко мо-
жем вычислить и силу машин.

Практические со- § 79. Определение величины со-
сбв определения сопротивлений на судно непосредствен-

прямизителен - величина может быть произведена величинами дано уже сформулированными способами:

сопротивление не 1.) Можно, во-первых, зафиксировать
посредством - самое судно, введя предварительно
лишь опытом в фиксированный динамометр, который и
наде судан покажет силу натяжения фиксированного,
равную по величине силе сопротивления на фиксированное судно. Надо за-

метить однако, что сопротивление, измеренное таким образом не будет в точности то сопротивление, которое фиксированное судно испытывает, если бы оно двигалось самостоятельно с той же скоростью по отношению своего соделанного движителя, так как движение посылается извне имеет движение среды жидкости, а значит и величину самого сопротивления на судно. Поэтому, если фиксированное судно держит в кильватере фиксированного, то сопротивление на него излучаемое от внешнего вала и трения вала посылается. Для уменьшения этого видный можно, впрочем, зафиксировать судно на длинном вращающемся, т. е. с валом, вращающемся движителем трения вала фиксированного судна. Наконец для вала судна такой опыт возможен лишь для малых скоростей, так как зафиксировать его с большой скоростью, конечно, не хватит средств.

2.) Другой способ определения сопро-

твление орбиты состоит в сле-
дующем:

На пологом ходу станереть ма-
шин и замедлить постепенное измѣ-
неніе скорости. Орбиту эту легко
произвести, если судно держитъ на-
равнѣно антиренному предвари-
тельно задану съ отгѣтливо кинети-
ческимъ движениемъ, такъ что станеръ
только только замедлитъ моменты,
когда эти движенья будутъ приходить
на правую сторону судна, и при этомъ
законъ постепеннаго измѣненія со-
противленія въ зависимости, конечно,
отъ измѣненія скорости отъ пол-
ного хода до нуля. Когда однако
замедлитъ, что будетъ, подобно тому
какъ и въ предыдущемъ орбитѣ, на
сопротивленіе будетъ вліять отсут-
ствіе движенья суднаго движителя.
Мало того, вліяніе еще усложняется
сопротивленіемъ, представляемымъ
мачинами суднаго движителя. При
введеніи качательныхъ законченій
встрѣчается кроме всего упомяну-
го еще затрудненіе при опредѣленіи
массы движущагося тѣла, такъ какъ
судно увлекаетъ за собою извѣстное
количество воды, которое масса,
какъ уже намъ извѣстно, вліяетъ
на замедленіе судна.

3.) Третьимъ способомъ, самымъ важнымъ
и безукоризненно точнымъ состоитъ въ
измѣреніи сопротивленія непосредствен-

но во время хода. Дие этой угли
во упрямый подлинник предна вала
вставляются динамометры, показы-
вающие силу равно и противо-
поставлено силе сопротивления вала,
или иначе говоря определяются ра-
боты nm, f , о которой мы говорим
выше. (см. § 74).

Судовой движитель. Движение ват-
ра на поруча; направление движу-
щей силы ватра. Влияние скорости
ватра и хода. Влияние угла падения
ватра на поруча и угла брасовки
носового.

Судовой движитель § 80. Судовый движитель назы-
вается ватре силе, приводящая суд-
но в движение и служащая к сохра-
нению этого движения. Судовой дви-
житель бывает двух родов: на-
ружный движитель и предный.

Предный движитель какого-либо от-
вида мы знаем, всегда основан на
противодвижении вала по пору-
женным лопастям, предки или пербе.
Но напряжение своей силе пред-
ного движителя равна как раз
той составляющей противодвижения,
которая совпадает с курсом судна.
Напряжение предного движителя за-
висит как от площади пору-
женных лопастей, так и в осо-
бенности от быстроты движения

этих лопастей во воду, при чем, такъ быстро совершаемое это движение, такъ меншею поверхностью лопастей обдмодотъ лопастямъ.

Элементъ преднаго движентеля, его разнорбъ, а также форма и самое движение, вызывающее силу движентеля, находится въ твеной связи съ машиною, т. е. съ самимъ источникомъ силы по судамъ. Относе все входящее сюда сводитие къ курсу паровыхъ машинъ, перейдемъ къ разсмотрению парусаго движентеля, движентея котораго премо относится къ настоящему курсу.

Движение ват- § 81. Если-бы парусъ представлялъ
ра по парусу. собою плоскость, т. е. если-бы онъ не имлъ кривизны и поиди, то днъ-ствие ватра по парусу кроитъ предъ закономъ-бы только въ силъ удара частицы воздуха, вепротиваебихъ этого плоскостно.

По парусу имъто въеда тнко-
рую кривизну и вслвствие этого
евиетсе центродностное силе ча-
стицы воздуха; суммиа этихъ силъ
выражаетъ собою реакцию (возднъ-
ствие) струй, отклоняемыхъ парусомъ
отъ первоначальнаго ихъ направле-
нне. Возднъствие это совершенно по-
добно движентю воды, приводимой къ гид-
равлическому колесу съ кривыми лопат-
ками, какъ напомнимъ въ турбинахъ.

Вода, подуряедаемое склзитъ по та-

кой лопатки в одном направлении, создавая ей движение в обратную сторону.

Воздухе движение паруса можно сравнить с движением гидравлического приемника; поэтому парус должен удовлетворять всем тем же условиям, которые удовлетворяют гидравлические приемники. Важнейшие из этих условий требуют такого расположения паруса относительно ветра, чтобы этот последний ветунал на парус с возможно меньшим ударом и оставил бы парус с возможно меньшим скоростью.

Хотя при ударе ветра парус всегда получает движущую силу, однако эта последняя составляет только малую долю от всей силы, которую может развить масса воздушных струй, ветунающих по парусу по дуге удара. Это происходит от того, что при ударе передается только часть энергии, расходуемой на возмущение самой жидкости, т. е. на образование волн, вихрей (циклонов) и на другие подобные движения. Кроме того, потеря энергии (или $\frac{mv^2}{2}$) ударяющейся массы (m) воздуха, влетает за собой значительное уменьшение скорости (v) частиц воздуха, с которого он отделился от паруса, а следовательно

Левашев Михаил Иванович

важно уменьшается и их центростремительная сила, которая входит в состав движущей силы ветра. Конечно, что, отклонение постепенно ветунающие струи воздуха от первоначального их направления, мы уменьшаем все эти потери и тем самым сокращаем для паруса весь запас живой силы воздуха. Вот почему мореходы признают полезным дражить паруса на столько, чтобы заставить чуть-чуть заповискивать навантретную линию. Очевидно, что при такой степени дражки паруса, полезное действие может существовать только при том условии, что парус представляет ветру вращающую поверхность, при чем он образует так называемое пузо. Такая форма паруса весьма полезна еще и потому, что, благодаря ей, струи воздуха оказывают подвантретную линию по направлению почти прямо противоположному движению судна и их скорость уменьшается на всю скорость хода самого судна.

И так кривизна паруса способствует в некоторой степени благоприятным условиям, требующим от всякого гидравлического приемника.

Детали из кото-
рых состоит дви-
жущая сила ветра.

Вот три действия на парус: ударом, центробеж-
ной силой и трением. Первое из них

всегда нормальна къ изогнутой поверх-
ности. Что касается до центростремитель-
ной силы текущих по парусу струй воз-
духа, то известно из механики, что
для всякаго тѣла, движущагося криво-
линейное движение, эта сила нор-
мальна къ элементу траекторіи,
на которомъ тѣло находится въ
разсматриваемое мгновеніе, и ве-
личина ея выражается произведе-
ніемъ изъ массы тѣла умноженной
на квадратъ скорости, дѣленнаго на
радіусъ кривизны траекторіи ($m \frac{v^2}{\rho}$).
На основаніи сказаннаго мы долж-
ны заключить, что центростремитель-
ная сила струй воздуха, обтекающихъ
парусъ, нормальна къ послѣднему
въ каждой точкѣ его поверхности
и пропорциональна квадрату ско-
рости относительно движения.

Хотя кривизна паруса не позво-
ляетъ разсматривать нормали
во всехъ точкахъ, какъ линіи на-
пряженія между собой, но тѣмъ
не менѣе среднее направленіе этихъ
силъ, или, что то же, направленіе
ихъ равнодѣйствующей сильно мо-
жетъ быть принято за совпа-
дающее съ перпендикуляромъ къ
плоскости брасаки паруса.

И такъ, не обращая вниманія
на тѣніе воздуха по парусу, ко-
торое всегда представляетъ собо-
мъ нѣкоторую нѣмощную силу; мы

доказательство доказывается, что по какому-
 бы направлению ватеръ ни дуется на
 парусъ, равнодействующая всехъ
 производимыхъ имъ диаметраль-
 ныхъ направлений силъ, то есть натяжная движущая
двигательная сила ватеръ всегда чувствительно
 совпадаетъ съ нормалью къ по-
 скости браски парусовъ.

Нормальная браски парусовъ
 мы называемъ нормалью парусовъ
 относительно положения парусовъ.
 Если судно идетъ напропоръ въ
 действии, то производимая ватеромъ
 движущая сила направлена вне-
 редъ подъ извѣстнымъ угломъ къ
 диаметральной нормали. Направ-
 ление этой силы, какъ мы сказа-
 ли совпадаетъ съ перпендикуля-
 ромъ къ плоскости браски, сим-
 метрично углу, составленному
 ею съ диаметральной нормалью
 судна, зависитъ лишь отъ сте-
 пени браски парусовъ. Это од-
 ностепенно указываетъ на суще-
 ственную разницу между направ-
 лениемъ дуящаго ватеръ и направ-
 лениемъ движущей силы ватеръ
 т. е. соединяющей движение на-
 рушению судну.

Въ соотношеніи ватеръ про-
 куръ действенно направляется по-
 задъ и составляетъ съ диаметральной
 нормалью уголъ несколько
 не зависящій отъ степени брас-

ки паруса; движущаяся сила
внутри направляется вперед и
составляет угол с диаметраль-
ной плоскостью, зависящий един-
ственно от степени раскроя
паруса. Единственным случаем,
когда другой вектор совпадает
с производимой им движущей
силой, это - среднее.

Для определения действия ветра
на паруса недостаточно знать
направление силы, вызываемой
этим движением; необходимо знать:

- 1.) величину ее, или напряжение

Напряжение и 2.) точку ее приложения. По-
движущей силе судный из этих вопросов будет
внутри опре- рассмотреть в судовой силе
двигается по курса, здесь же мы займемся
законом Кю-величины, или напряжением
точка о сопро- движущей силе ветра.
тивлении жид- Общепринято принимать, что
кости движу- упомянутое сила вызывает только
щейся плоско- все законы, что и сопротивле-
сти. ние воды на тоскость. Введем
видным, что законы сопротивле-
ние для тоскости, движущейся
в жидкой среде, данные Кю-то-
ном состоят в следующем:

- 1.) Сопротивление жидкости
пропорционально ее тоскости.

- 2.) Сопротивление жидкости
пропорционально величине ударе-
ной тоскости и

- 3.) Сопротивление жидкости

пропорционально квадрату скорости взаимного удара эластичности и тоскости.

Притиев эти законы безъ всекого измѣненіе для даннаго случая, мбѣ получимъ формулу совершенно подобную той, которую мбѣ получимъ выше для сопротивленія воды.

Пусть $\mathcal{F}$ изображаетъ полную двустороннюю силу удара, перпендикулярную къ плоскости паруса; пусть δ будетъ весь кубическій единица воздуха, $\mathcal{S}$ — площадь парусности, а W — нормальная скорость взаимного удара ветра съ парусомъ, наконецъ Δ пусть будетъ коэффициентъ, зависящій отъ вѣтви образнаго отъ кривизны паруса; тогда согласно съ законами Нютона:

$$\mathcal{F} = \Delta \cdot \delta \cdot \mathcal{S} \frac{W^2}{2g}, \dots \dots \dots (1),$$

гдѣ g представляетъ ускореніе силъ тяжести.

Примолнимъ также, что скорость W взаимного удара ветра съ парусомъ всегда должна ситамбсе направлена по нормали къ плоскости драссати паруса, и что проекція абсолютной скорости ветра на нормаль къ плоскости драссати, сибдетъ уменьшатъ на величину проекціи абсолютной ско-

рости самого паруса (или судна) взятый на направлении той-же нормали. На практике, как и для сопротивления воды, обыкновенно упрощают формулу (1), и пишут её в видъ:

$$F = BVW^2 \dots \dots \dots (2)$$

Где $B = A \frac{S}{2g}$. Коэффициент B не постоянен, такъ какъ зависитъ отъ кривизны паруса, но на практике его считают постояннымъ и определяют на основаніи судноу-щихъ данныхъ опыта.

Определение Если вѣтеръ ударяетъ перпендикулярно плоскости, равную одно-му квадратному футу, со скоростью 10^{ми} футовъ, въ секунду, то сила удара вѣтра равна приблизительно $\frac{2}{3}$ русскаго фунта. Подставивъ эти данные въ предыдущую формулу (2) получимъ:

$$\frac{2}{3} = B \cdot 1 \cdot (10)^2,$$

$$\text{откуда } B = \frac{1}{450}.$$

Поэтому окончательный видъ формулы (2) будетъ слѣдующій:

$$F = \frac{SW^2}{450} \dots \dots \dots (3).$$

Если данные не будутъ выражены въ футахъ и русскихъ фунтахъ, то стоитъ только вбить, подобно предыдущему, коэффициентъ B , соответствующій принятымъ единицамъ вѣса и длины.

(фиг. 74), $\vec{E}_2$ направление движущей силы ветра, перпендикулярное к парусу $\vec{CD}$. Разложим эту силу на две, из которых одна $\vec{E}_1$ движет судно диаметральной троскостью и соединяет судно движением вперед, а другая $\vec{E}_3$ соединяет боковое движение, т. е. производит дрейф и крен. Прямая, или полезная сила ветра, очевидно будет

$$F \cos \alpha, \dots \dots \dots (a),$$

где α есть угол между направлением движущей силы ветра и диаметральной троскостью. Боковая сила, производящая дрейф и крен будет:

$$F \sin \alpha \dots \dots \dots (b).$$

Поскольку движущая сила ветра F увеличивается пропорционально квадрату нормальной скорости взаимного удара ветра и паруса, то законно считать, что и сила (a), соединяющая судно ход, равно как и сила (b), производящая дрейф и крен увеличатся пропорционально той-же степени упомянутой скорости.

Примечание. Заимствуя между прочим, что изложенные законы и формулы указывают только на извешенный фронт, что аэродинамика никогда не может быть применима в движение парусов, как это имеет место для судна, движущегося по воде, потому что количество W для воздушных массов всегда равно нулю, как и для

представляет диаметральную проекцию судна, движущегося по направлению ва составленную из его диаметральной проекции у.

Вось судна находится по линии ДВ, а корма по линии ОВ.

Прямая ЕО по величине и направлению представляет абсолютную скорость ветра, которую означим через u, а угол СОЕ между абсолютным направлением ветра и обратным к нему парусом СД назовем через α . Угол ДОВ, т. е. угол вращения пучка зидель В. Если ГОН есть перпендикуляр к плоскости вращения, то взев на нем проекцию ГО скорости ветра, найдем из Δ^{COG}

$$ГО = EO \cos (90^\circ - \alpha) = u \sin \alpha.$$

Это выражение и представляло бы нормальную скорость взаимного удара ветра с парусом, если бы последний был неподвижен. Чтобы исправить это выражение введением скорости хода судна, означим ее через v и отложим ее по направлению Оа пути судна, от точки О до точки З, так что ОЗ = v. Проекция этой скорости на нормаль ОН к плоскости вращения очевидно будет:

$$\begin{aligned} ОН &= ОЗ \cos \angle ZOН = \\ &= ОЗ \cos \{90^\circ - (\beta + \gamma)\} = \\ &= v \sin (\beta + \gamma) \end{aligned}$$

Мы уже знаем, что скорость W взаимного нормального удара равна симметрической сумме проекций скоростей как жидкости, так и движущейся плоскости на направление ее нормали, следовательно:

$$W = OS - OT = u \sin \alpha - v \sin (\beta + \gamma).$$

Подставив это выражение во формулу (2), получим:

$$J = 135 \{u \sin \alpha - v \sin (\beta + \gamma)\}^2 \dots (4).$$

Это уравнение (4) ясно обнаруживает влияние различных элементов движения ватра на полную движущую силу корабля.

При изыскании этих элементов весьма важно обратить внимание на степень полезности данного ватра для движения корабля. Легко видеть, что эту степень полезности нельзя выразить прямо числом J , ибо тогда по последней формуле окажется, что чем меньше скорость v хода судна, тем больше пользу приносит ватер судну, что представляется очевидною нелогичностью. Такую нелогичность мы получили вследствие того, что допустили из виду одно весьма существенное правило механики, состоящее в следующем: степень полезности какой-либо силы, производящей движение, надо измерять

не величину самой силы, а ее ра-
боту.

Наибольшая Если обозначим две кратчайшие
скорости хода α и $\beta + \gamma$ через κ , а $\sqrt{\sin(\beta + \gamma)}$ через x , то
на, при которой выражение для работы силы F вы-
ражена движению — легко очевидно:

иной силы внутри
передаваемая на-

$$T F = 135 x (\kappa - x)^2.$$

пуску, будет та-
ким.

Откуда, решая вопрос о наибольшем численном значении по проведению дифференциального исчисления, т. е. приравняв нулю первую производную выражение:

$$x (\kappa - x)^2;$$

найдем, что судно получает от ветра наибольшую работу при $x = \frac{1}{3} \kappa$, т. е. когда скорость судна составит одну треть скорости ветра, считая конечно эти скорости по направлению паруса к тоскости драсски. Таким образом мы видим, какому условию должно по возможности стараться подчинить скорость хода судна. Если напротив, волею паруса нарушить условие в ходе машины, то надо этого постыдиться пользоваться без ущерба для стива самих парусов, следовательно, надо стараться придать судну скорость, не превышающую во значительной степени вышеуказанную скорость, наибольшую действительную парусов.

Так как наши законности в
данном случае основаны на законах,
выражающих влияние ветра или
с их помощью приближенно, то
полезно путем опыта определить для
каждого судна наилучшее отно-
шение между скоростью ветра и скоро-
стью хода судна.

Центр парусности. Вычисление
и графическое определение места
этого центра.

Центр парусности.

§ 83. Матка приращение равно-
действующих всех давлений сил
ветра называется центром па-
русности. Чтобы найти эту то-
чку диаметры судна предполо-
жить.

1.) Принимать каждый парус
за плоскость;

2.) Все паруса предполагать
образованными параллельно.

3.) Давление на них сил ветра
принимать за нормальные си-
лы и

4.) На равные части паруса
предполагать равные давления сил
ветра, иначе говоря, предполагать,
что давление ветра распределено
по всей поверхности паруса равно-
мерно.

Можно образовать, центр па-
русности будет тем же, как

таким называемый, центр параше-
ных сил. Кроме того, из 1-го пред-
положения следует, что центр
парашности может быть найден
совершенно таким же образом,
как и вообще находится центр
тяжести, а центр давления на
модой парус будет как раз сов-
падать с центром тяжести по-
лученной фигуры этого паруса, а именно
если допустить, что парус на всем
его протяжении однороден, т. е. что
равные отрезки паруса имеют рав-
ные веса и массы. Другим же центром
тяжести всех развернутых пару-
сов и будет та точка, в которой
находится центр парашности.

Определим положение центра
парашности можно или графически,
или вычислениями; во втором случае
при этом необходимо помнить
правила, которыми руководствуются
при определении площади геомет-
рических фигур и положений их
центра тяжести.

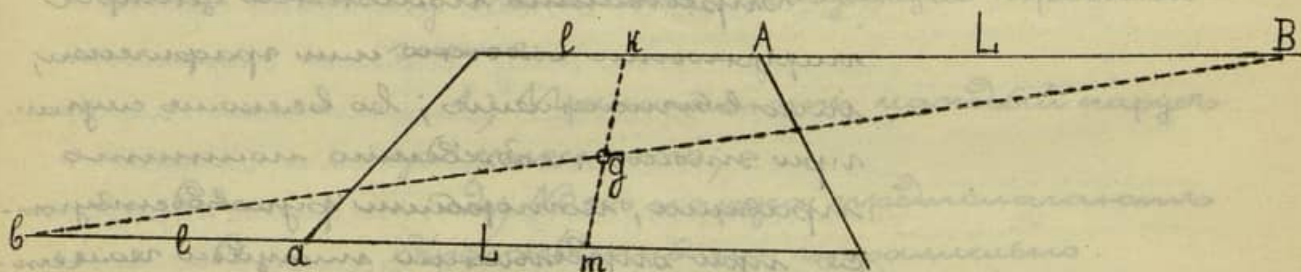
Упрощенное Из геометрических фигур нам
определяется считается наиболее удобным
центра на- симметричные:

- 1.) Парус в форме прямо-
угольника;
 - 2.) Парус в форме паралле-
лелограмма, и
 - 3.) Парус в форме трапеции.
- Центр тяжести площади про-

многоугольника, или параллелограмма находится в пересечении его диагоналей, или в пересечении линий длиннейших его параллельных сторон пополам.

Центр тяжести треугольника находится на линии, соединяющей одну из его вершин со средним противостоящей стороны, и на одной трети длины этой линии, считая от основания.

Площадь центра тяжести трапеции лежит на линии, соединяющей середины ее параллельных (фиг. 76).



ных сторон, или оснований, и находится ближе к большему основанию, чем к меньшему, при чем (фиг. 76):

$$\frac{gm}{gk} = \frac{L + 2l}{l + 2L},$$

что и представляет то отно-

шение, в котором центр тяжести
длинит линию, соединяющую сере-
дину параллельных сторон тра-
пеции; заметим, что чрез E
здесь обозначено верхнее основание,
а чрез Z — нижнее основание тра-
пеции. Таким образом, чтобы
разделить линию KM в предше-
щем отношении, надо продолжить
основание Z в одну сторону и от-
ложить по нему линию $ab = E$,
а основание E надо продолжить в
другую сторону и отложить по
нему линию $AB = Z$; затем
остается только соединить точ-
ки b и B прямой bB , пересече-
ние которой с прямой KM в
точке C и определит центр
тяжести трапеции. Построение
легко проверяется, для чего stanno
только из подобия треугольников
 CKB и CMB вывести отношение
частей CM и CK прямой KM , ко-
торое и получится непосредственным
вспомогательным.

Чтобы найти арифметическим пу-
тем один центр тяжести
судно, надо складывать моменты
паруса одно за другим попарно,
т. е. взять сначала два паруса,
положив A_1 и A_2 (фиг. 77). Оз-
наченный центр их двусилья будет
лежать очевидно на линии, соеди-
няющей их центры тяжести и

Литва. М. Я. Канунов

связующую с действительным четвертого паруса, центр тяжести которого лежит в точке C_2 , получим уже центр действительного четвертого паруса в точке D_1 , и т.д. Наконец мы дойдем таким образом до той точки, которая будет общим центром парусности судна.

На практике сначала находят центр парусности каждой мачты отдельно, и потом уже по этим центрам находят общий центр парусности.

Обыкновенно, при определении центра парусности, не принимают во расчет ни борм-брамсеи, ни борм-кайверы. Если не требуется большой точности, то можно всю парусность одной мачты принять за одну общую трапецию.

Паруса неправильной формы можно предварительно разбить на правильные фигуры и затем поступать по общим вычислениям правильных.

Многое при нахождении центра парусности значительно упрощается, если задать нам форму, основываясь на известной теореме моментов относительно плоскости,

Определение цент-которое говорит, что моменты

ра парусности. Этого относительно данной по-
вычисления. скости всегда равен антидромической
 сумми моментов всех частей,
 составляющих это целое, относи-
 тельно той-же плоскости.

Кроме того, пополним еще раз,
 что моментом тѣла, поверхности,
 или линии называется произведе-
 ние из величины этого тѣла, по-
 верхности, или линии на его плечо,
 т. е. на кратчайшее расстояние цен-
 тра тяжести тѣла до плоскости
 моментов. Подъ выражением: "вели-
 чина тѣла" должно понимать или
 его объем, или-же массу, или объем,
 или поверхность, смотря потому
 какой моментъ мы рассматри-
 ваемъ: моментъ-ли веса, массы,
 или поверхности.

Основываясь на этой теореме,
 если означимъ чрезъ $A_1, A_2, A_3 \dots$
 площади парусовъ и чрезъ
 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ тѣмъ этихъ парусовъ,
 то есть возмѣщеніе ихъ центровъ
 тяжести надъ плоскостію на-
 приимъ грузовой батареи-линии,
 или-же надъ плоскостію верней
 палубы, то моменты этихъ па-
 русовъ относительно выбранной
 плоскости будутъ:

$$A_1 \cdot \alpha_1, A_2 \cdot \alpha_2, A_3 \cdot \alpha_3 \dots$$

Подобно тому какъ мы взяли
 для парусовъ грузъ-момента мо-

менты:

$$A_1 a_1, A_2 a_2, \dots,$$

также две пары моментов возмущения:

$$B_1 b_1, B_2 b_2, \dots,$$

и две пары моментов возмущения:

$$C_1 c_1, C_2 c_2, \dots,$$

Подобный же ряд моментов получим для парусов другого мачты, если их больше трех.

Воконец, обозначим через X отношение общего центра парусности корабля от избранной плоскости моментов, а через S общую площадь парусности корабля, равную сумме площадей всех его парусов; тогда равнодействующий момент всей парусности относительно той же плоскости моментов будет: SX .

Теперь по вышеуказанной теории получим:

$$\left. \begin{aligned} SX &= A_1 a_1 + A_2 a_2 + A_3 a_3 + \dots + \\ &+ B_1 b_1 + B_2 b_2 + B_3 b_3 + \dots + \\ &+ C_1 c_1 + C_2 c_2 + C_3 c_3 + \dots + \end{aligned} \right\} \dots (1).$$

Во этом уравнении все величины известны, кроме X ; значит это X , т. е. возмущение центра парусности над избранною плоскостью моментов вполне определяется. Но, для

определение положения точки в пространстве, недостаточно зная только ее удаление относительно какой-нибудь изобразной плоскости, надо еще знать ее положение относительно двух других плоскостей, потому что точка в пространстве определяется тремя координатами. Но этим основанием следует еще определить положение центра парусности по длине корабля и в направлении поперечном. Что касается положения центра парусности поперек корабля, то если без определенной поправочности можно полагать, что он находится в диаметральной плоскости, для чего достаточно только допустить симметричность расположения паруса относительно этой плоскости, такое допущение не должно чувствительно расхожиться с действительностью, а между тем дает возможность изобразить минимых вписаний. Таким образом остается теперь найти еще удаление центра парусности от какой-нибудь вертикально-поперечной плоскости, причем для этой плоскости моментом, тем и определенное значение координата искомого точки. Для последней уже можно пользоваться тем же способом

по (1), из которой получим X :

$$X = \frac{A_1 a_1 + A_2 a_2 + \dots + B_1 b_1 + B_2 b_2 + \dots + C_1 c_1 + C_2 c_2 \dots}{S} \quad (2)$$

или так как $S = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + B_1 + B_2 + \dots + C_1 + C_2 + \dots$,

то:

$$X = \frac{A_1 a_1 + A_2 a_2 + \dots + B_1 b_1 + B_2 b_2 \dots + C_1 c_1 + C_2 c_2 \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + B_1 + B_2 + \dots + C_1 + C_2 + \dots} \quad (3)$$

Очевидно, что во этом сыграт
иши парусов, означенные мабуши
буквами, равно как и покоее да-
ление X , должны предетовлять
содого уже не вертикальные вы-
соты центров парусов, а верти-
кальные расстояния этих
центров от плоскости ми-
дель-матюуга, или от дру-
гой определенной поперечной
плоскости, например от мо-
скости, проходящей через край-
ний носовой, или крайний кор-
мовой перпендикуляр. Надо
иметь также во виду, что,
когда за плоскость моментов
выбран мидель-матюуга,
то во формулу (3) иши носо-
вых и кормовых парусов
должны быть отнесены знаками
(+) или (-), и тогда резульвант
обращенного момента
парусов укажет своим
знаком по какому сторону от
мидель находится общий центр

субдукция четыре главные силы: 1.) сила корабля, 2.) гидростатическое давление воды 3.) судовой движитель и 4.) сопротивление воды.

1) Возбуждено судно движется под на-
ружанием. Мы будем рассматривать
судно в совершенно однообразном
его состоянии, т. е. будем предпо-

Условие постоян- ности во 1.) неизменяемость курса,
ства отбоя - 2.) неизменяемость дрейфа, 3.) по-
стоянства, сопро- стоянства курса, 4.) постоянство
возвращающего момента руля (прямомо или кос-
движения кораб- венного) и во 5-е неизменяемость
ме. скорости хода.

Во механике доказывают, что
твердое тело, при таком постоян-
стве условий должно находиться
в таком-же состоянии, как если-
бы все силы, на него действующие
возникли одновременно; в против-
ном-же случае судно имело-бы
переменное движение. И так как
того, чтобы упомянутое условие
имело место, необходимо, чтобы
действующие на корабль силы на-
ходились в равновесии. Если-же рав-
новесие между этими силами дей-
ствительно имеет место, то не
только сами силы уравновешива-
ются, но и их проекции на ка-
кую угодно плоскость, или на
какую угодно плоскость возьмем.
Чтобы легче объяснить характер
действий горизонтальных и верти-

Задачи по Теории Кораблестроения
Морского Инженера Корпуса.

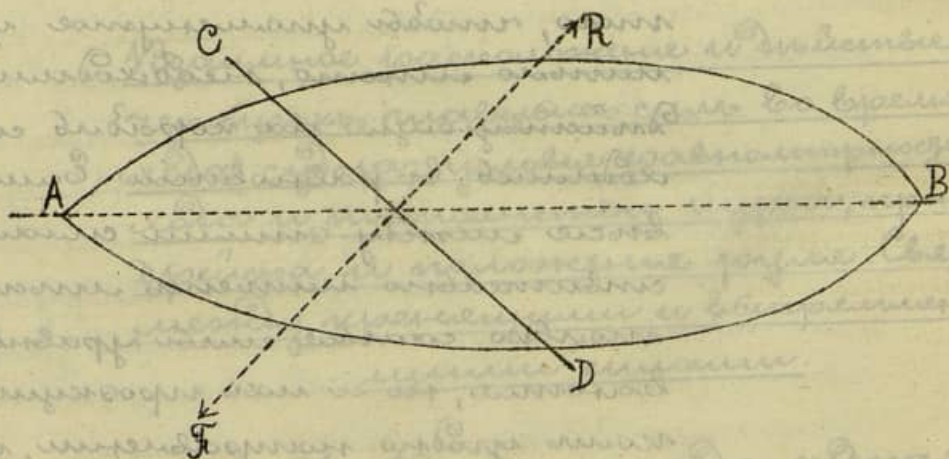
Лист 22.

Лейтенант Александр Корнилов

кабинки сива, рассмотрим каждую из этих групп отдельно, предположив одноко предположение, что одна группа сива существует независимо от другой. Для этого рассмотрим сначала горизонтальную проекцию движущегося корабля.

Всё корабль и гидростатическое давление воды, действуя всегда вертикально, даются проектируются на плоскости горизонта точками. А так как всякая сила изображается по направлению и величине прямой линией соответствующей длины, и так как точка может быть рассматриваемая, как приемная, длина которой есть нуль, — то отсюда заключаем, что горизонтальные проекции двух упомянутых сил порождены прямо. Таким образом на горизонте

(См. 78.).



горизонтальную проекцию движущегося судна

Движутся только две силы: судовой
двигатель F (см. 78) и сопротив-
ление воды R. Две равновесие этих

сил под, чтобы их горизонталь-
 ные проекции R и F взаимно уничто-
 жались т. е. чтобы эти проекции
 расположились на одной и той же
 прямой и направлены в противо-
 положные стороны, будучи в то-
 же время численно равными.

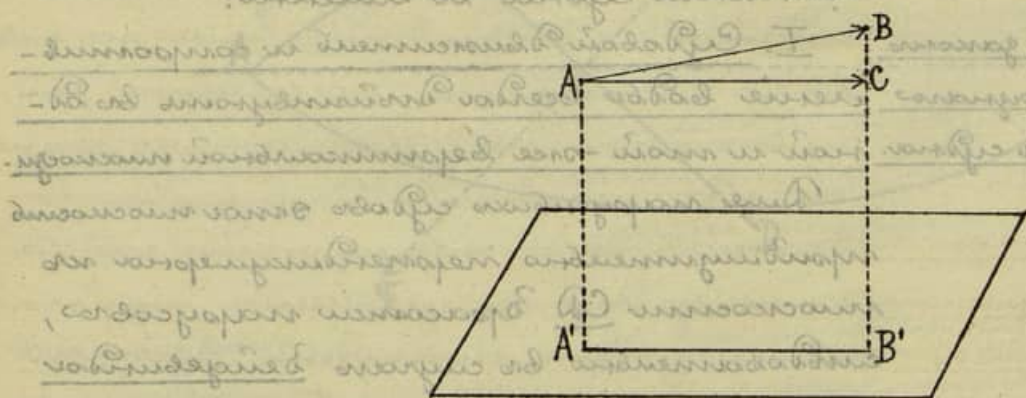
Из того, что две упомяну-
 тые проекции лежат на одной
 и той же прямой, следует оче-
 видно, что вертикальная проекци-
 рующая плоскость для обоих сил
 одна и та же, т. е. что судовой дви-
гатель и сопротивление воды долж-
 ны лежать в одной и той же
 вертикальной плоскости, называ-
 емой плоскостью водного сопро-
тивления или плоскостью крена,
 как содержащей силы кренения
 корабля. Таким образом мы по-
 ставим первый закон однообразного
 движения судна и именно:

Первый закон Т. Судовой двигатель и сопротив-
однообразного ление воды всегда движутся в од-
движение судна. ной и той же вертикальной плоскости.

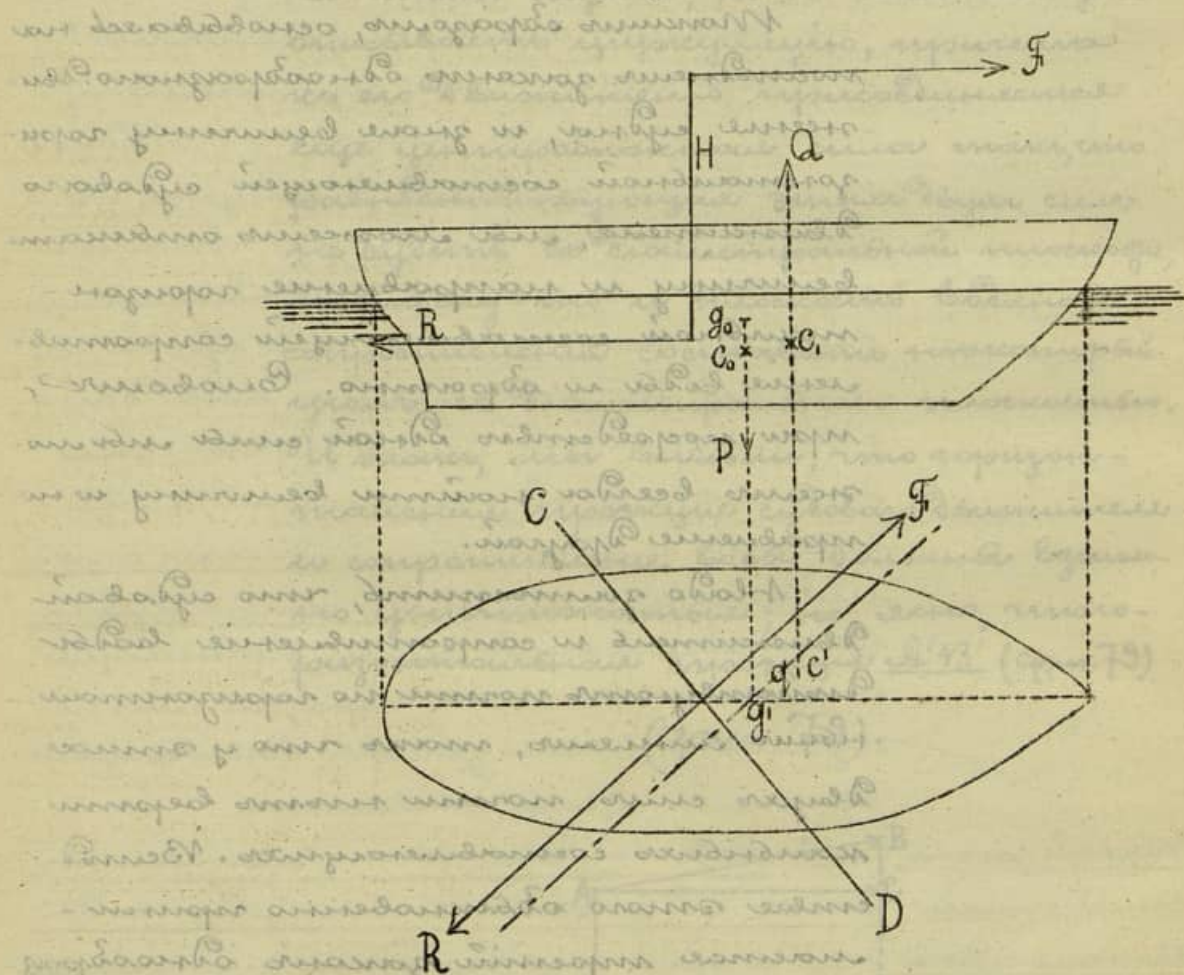
Для нарисованного судна этой плоскостью
 приблизительно перпендикулярна к
 плоскости CD плоскости парусов,
 следовательно в сторону действитель-
 она составляет с горизонтом
 курсовый угол около 60° под углом

значит далеко не совпадает с линией
двигательного курса, т. е. направ-
ленного дрейфа, который не дости-
гает 60° .

Но в винтовых судах мощность во-
доемного сопротивления, очевидно, всегда со-
падает с диаметральной мощностью
(если нет течения), исключая одна-
ко тот случай, когда винтовое судно
опускается или поднимается, при этом
к его движению присоединяется
еще центробежная сила так, что
равнодействующая этих двух сил
не будет в диаметральной мощности,
поэтому и мощность водоемного
сопротивления составит некоторый
угол с диаметральной мощностью.
Итак, мы видим, что горизон-
тальная проекция судового движения
и сопротивление воды должны взаим-
но уравновеситься; но, если, что го-
ризонтальная проекция $A'B'$ (см. 79)
(см. 79).



но доускорен находится над водой
и обтеканию на горизонтальной вы-
соте h (рис. 80), между ними
как центры симметрии воды
расположены в подводной части
суда; знаменитыми симилями
 F и R , дугами норми параллельны
(рис. 80).



III. Взаимодействие парных сил
иногда равны, образуются парные
силы пары, которые и заставляют
судно, идущее под парусами нахо-
диться на зорь и впереди. Это кре-

менее двойственное сивы Г и В употребит-
 ся моментами этой пары, так что,
 если ГВ вызывает возмещение цен-
 ра поручением над центром сопро-
 тивления воды, то разсмотривае-
 мое двойствие употреблене произведе-
 нием ГВ, что и составляет так
 называемый кренный момент ко-
 рабля.

Для противодействия этому крен-
 ному моменту, т. е. для сохра-
 нения постоянного крена, необходи-
 мо чтобы две сивы: В и Г гидростатическое давление воды
в образовании так же пары сив
равны и противоположны
первой паре. Две пары могут
 уравновешивать одна друго-
 только тогда, когда они двойству-
 тот или в одной плоскости, или
 в плоскостях параллельных,
 а значит на судно, идущее
 под парусами точки приложения
 сив второй пары, т. е. центр
тяжести и центр величины
находится по одну и ту же сто-
рону от кренной плоскости и
оба в равном расстоянии от
плоскости.

Итак кроме того, что две са-
 мого образования пары Г и В
 необходимо, чтобы центр те-
жести и центр величины не
 находились на одной и той же

Все отсюда, т. е. один над другим, по двум-двум другим отню друга удаляясь по некотором разстоянии с, по горизонтальному направлению и при том так, чтобы центр тяжести был впереди центра тяжести.

Мы знаем, что пара, образующая силами P и Q , называется возмущающей или возмущающей парой. Для равновесия необходимо, чтобы моменты двух рассматриваемых пар были численно равны, т. е. необходимо, чтобы

$$Pl - Qq = 0 \dots \dots \dots (1).$$

Мы уже видели, как по формуле подводной части судна можно определить при всяком наклонении угла α возмущающей пары; величина же возмущающей Q всегда известна, равно как всегда известна высота l центра тяжести над центром тяжести. Следовательно по уравнению (1) всегда можно найти силу P судовой движитель, а зная и сопротивление воды, ибо $P = R$.

И так однородное движение судна имеет законы такие, которые относятся к координатам, находящимся в равновесии на тихой воде и это движение при этом всего сказывается в сущности

символически креста и в особенности
в том, что центры величин
и центры тяжести уже не могут
находиться на одной вертикальной
линии.

Происхождение рбскивости и убав-
ливости судна. Влияние на тмало
расположение парусов креста и
дифференциала. Веративность суд-
на на сородевиндо. О дрейсу.

Происхождение § 85. Если сопротивление воды
рбскивости и и движущие сила ветра не ле-
убавливости. жат в одной и той-же верти-
кальной плоскости, т. е. если эти
две силы не противоположны друг
другу, то получается пара сил,
стремящаяся вращать корабль во-
круг некоторой вертикальной осн.
Если центры парусности несут
позади центра сопротивления воды,
то указанная пара сил будет
стремяться вращать корабль к
внутри. Такое стремление судна
идти к внутри, происходящее оче-
видно от перегиба кормовой па-
русности над носового называется
рбскивостью. Обратное свой-
ство судна, т. е. стремление ухи-
лится под внугу, называется
убавливостью. Судно становится
убавливным, если его носовое па-
русность сильнее кормовой, т. е.

Иван Шмаков-Кашинский

повороте попуте, если его центр на-
рушенности лежит впереди центра
сопротивления воды.

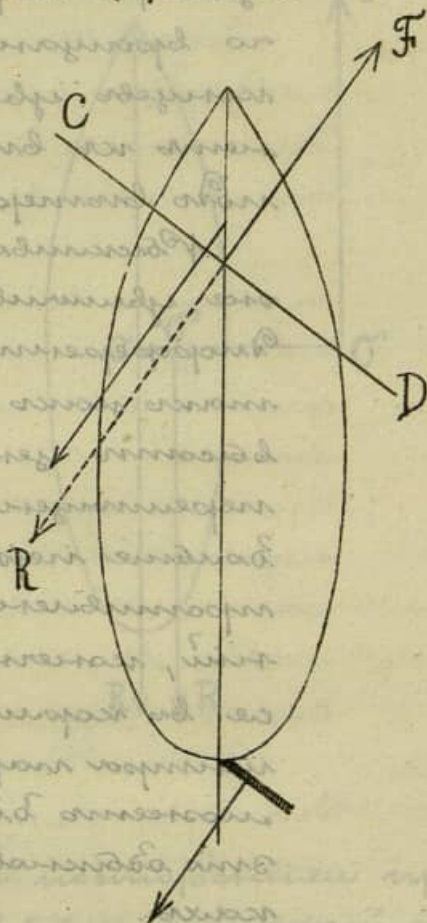
Если судно обладает свойствами
равновесности, или уравновесности, то
для воспринимания его враще-
ния приходится считать, что центр
отклонения от положения по-
стояния; тогда сопротивление воды
на руль совместно со сопротивле-
нием на самое судно дадут равно-
действующую R (см. 81), равную
и равнодействующую сил нарушаю-
щих равновесие, так что судно в дан-
ном случае приходит опять в
условие равновесия, о котором ска-
зано было в § 83^м.

Из сказанного можно заклю-
чить, что как равновесность так и
уравновесность относится к апри-
орным свойствам судна, так
как эти свойства даны в зависимости
от диаметра плоскости и следовательно
только судно этим определяется.
Равновесность можно однако
считать весьма полезною для по-
воротов овершотных, так что
всемому порученному судну сле-
дует придавать это свойство,
но конечно, в весьма слабой сте-
пени.

Влияние крена Крен судна в воздухе увеличивает
и дифферента его равновесность, так что при на-

на убавивость кренения судна центр парусности и увеличивость перемещается подь вантерь и संबо-судна. Вантебна силс паруснаго двиски-

(Срм. 81.).



тене, приносимое к этому цент-ру, увеличивается отъ параллельной ей силе сопротивленіе воды, при-ложенной къ центру сопротивле-ніе, а это конечно увеличивает моментъ пары, стремящейся вра-щать судно. Замыслимъ, что и центръ сопротивленіе можетъ пере-мещаться подь вантерь, т. е. въ

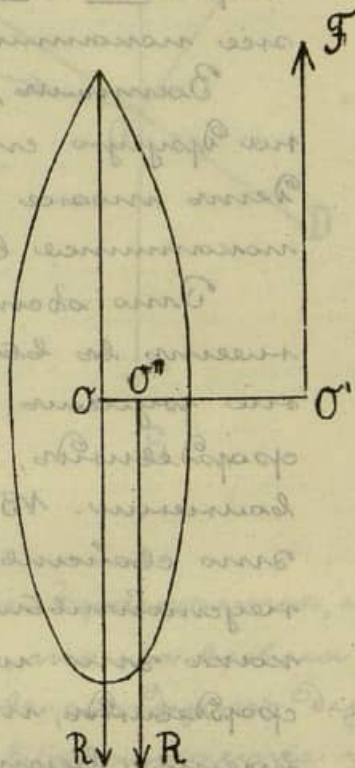
ту-же сторону, что и центр на-
ружности, но во всяком случае
перемещение центра сопротивление
значительно меньше перемещение
центра наружности, а потому ме-
ше вращающей пары в конце
конце увеличится и судно раск-
лется к вращу, или увеличится
под вращу.

Воскитивость судна может так-
же увеличиваться от увеличения
дифференциала судна на карину,
так как при значительной
высоте центра наружности его
перемещение на карину будет
больше перемещение центра со-
противления воды, хотя посто-
янный, конечно, тоже перемещает-
ся в карину. При малой высоте
центра наружности явление иногда
может быть и обратное, как
это обыкновенно бывает на шлю-
ках.

Вертикальность
судна на споре-
де-виде.

Возбуждением центра на-
ружности под центром сопро-
тивления воды обуславливается так-
же вертикальность судна на споре-
де-виде. В самом деле, состояние,
в котором находится судно при
курсе спордевиде, весьма похоже
на равновесие стержня, сжатого
с двух сторон противо-
положными силами, приложен-
ными к его концам.

(Q. 82).



Всякое постороннее влияние способно вывести такой стержень из его равновесия, точно также всякая и даже незначительная посторонняя сила способна при куре фарадеяндя изломить куре карбиде. Помогая, например, что карбид покачивается по волнению по правую сторону. Центр тяжести при этом переходит из точки O в точку O' и хотя и центр сопротивления перемещается в ту же сторону в то

ку $0''$, но всегда перегибание $00'$ будет больше перегибание $00''$, а потому корабль, находясь под влиянием паров R и S с мером $0''0'$, сейчас же покажется вильво.

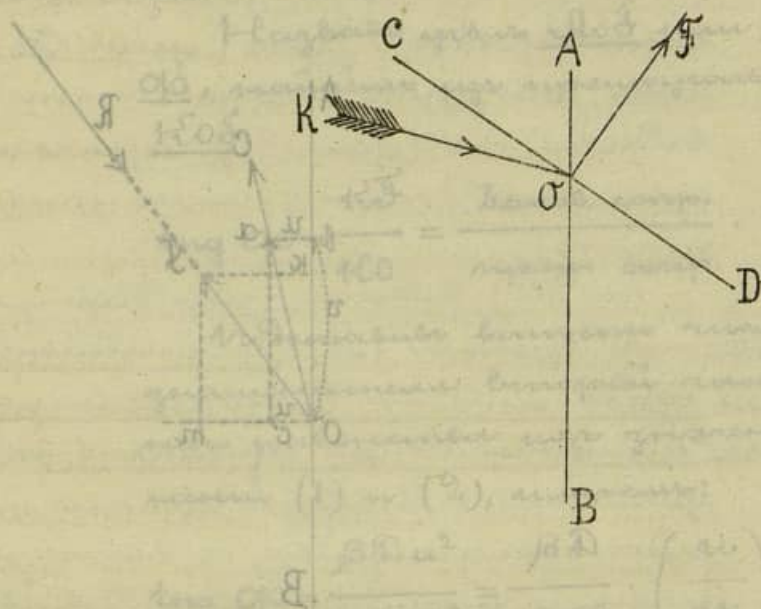
Заметьте, если судно наклонится на другую сторону, то мера $0'0''$ будет также с другой стороны и судно покажется вильво и т.д.

Это обстоятельство замечается в высшей степени при определении, когда судно идет на фордевинде, особенно при сильном волнении. Очень хорошо известно, что свойство порусского судна быть устойчивым на курсе и так как это имеет место при фордевинде, то самое свойство и называется вертливостью на фордевинде.

О Дрейфере.

§ 86. Дрейфер очевидно происходит от того, что движущая сила ватра I не совпадает с диаметральной плоскостью AB (см. 83). Но это несоответствие, конечно, может иметь место только при обратном парусе CD и потому именно, что сила I перпендикулярна к плоскости ватра. Отсюда следует, что Дрейфер возможен только при курсе косвенном относительно направления ватра AB . Заметьте, что в заключении Дрейфера не бывает, потому что в этом случае вод-

(рис. 83.)



не наруша не зрасометсе, или, если и зрасометсе, то на весьма недолгий срок. Не сомнительно думать, что дрейсерообразное явление АВ, но тогда оказалось бы что во действительности дрейсеро может достигнуть СВ. Репрезентации, конечно, имеют абсолютное значение на величину дрейсера и зависимость между ними может быть легко найдена.

Зависимость. Пусть на (рис. 84) АВ пред-
ставимось диаметральную точку
опа от степеней судна; А — нос, В — корма, и пусть
зрасотки на носов. судно движется по линии ОС со ско-
ростью W = ca. Разложим эту ско-
рость на две: времени об = v и до-
полнительно ос = u.

Тогда первое сравнение воды
по закону Габриэля будет:

$$B. E. v^2 \dots (1).$$

2.) $\underline{m\delta} =$ прямой двусложный синт-
и противоположной прямой компро-
миссией.

Положив угол $\underline{a\delta}$ или $\underline{a\delta}$ через
 φ , найдем из прямоугольного Δ^{uo}
 $\underline{1\delta}$:

$$\underline{1\delta} = \frac{1\delta}{1\delta} = \frac{\text{Зона. комп.}}{\text{прям. комп.}} \dots \dots (3)$$

Подставив вместо числителя и
знаменателя второй части посто-
янно равенства их значение из урав-
нений (1) и (2), имеем:

$$\tan \varphi = \frac{\beta D u^2}{13 \mathcal{E} v^2} = \frac{\beta D}{13 \mathcal{E}} \cdot \left(\frac{u}{v} \right)^2 \dots \dots (3)$$

Но, разсмотрев из прямоуголь-
ного Δ^{uo} $\underline{b\delta}$, видим, что

$$\frac{u}{v} = \tan L \cdot \underline{b\delta} \dots \dots (4)$$

Угол $L \cdot \underline{b\delta}$ есть угол между направ-
лением диаметальной плоскости
и направлением двусложия корабля,
т. е. дрейфа; называя этот угол
через φ , и подставив во уравне-
ние (3) вместо отношения $\frac{u}{v}$ его
значение из равенства (4), нахо-
дим:

$$\tan \varphi = \frac{\beta D}{13 \mathcal{E}} \tan^2 \varphi \dots \dots (5)$$

Откуда $\tan^2 \varphi$ выразим так:

$$\tan^2 \varphi = \frac{13 \mathcal{E}}{\beta \cdot D} \cdot \tan \varphi \dots \dots (6)$$

Из уравнение (6) находим, что:

Замечание по теории Кораблестроения.

Морского Академика Корныкова.

Лист 23:
Литва Умод. Кавказ Третья

1.) Угол Дрейера φ чувствительно
растет с углом φ_0 , т. е. всякая
маленькая поправка на φ_0 увеличивает
Дрейера φ судна [угол φ зави-
сит от угла Дрейера, что легко
видеть на (рис. 83), при чем угол
 φ тем больше, тем угол Сод
(8) остроже];

Зависимость во 2^ю) видно, что для уменьше-
ния Дрейера надо уменьшить по-
сра от кон- ладь миделе Д и увеличить
струкцию судна. Диаметральную плоскость, т. е. для

уменьшения Дрейера полезно строить
суда острокильные, с высоким ки-
лем и пространственным дейдвудом.

Эти меры тем более важны,
что они все полезны, как увидим
ниже, для уменьшения размахов

Средств для качки. Если же в настоящее время
уменьшение ве- добные суда и строится почти тако-
многоуголь доныши, то крайней мерой на зна-
Дрейера. чительной долго их длина, то это

потому, что чаще у них не до-
статочно для водонитения для под-
держания продольного веса артил-
лерии и брони; приставить к та-
ким судам высокие килы неудобно,
потому что они и без того си-
дят низко в воде.

На мелких же судах для умень-
шения Дрейера иногда употребляют
вспомогательные килы, которые по-
мощнее могут быть опускаемы
или поднимаемы в особые колоды.

Такие кили позволяют судам плавать в мелких водах, так как могут быть выдвинуты немного или вообще не выдвигаться, а в глубоких водах опусканием килей дрейф очень ослабляется.

К числу вспомогательных средств принадлежат также шверты, т. е. килы, опускаемые с дока судна, очень употребительные на голландских торговых судах.

Формула (6) показывает также, что суда хорошей ходкости всегда имеют меньший дрейф, потому что для этих судов коэффициент прямого сопротивления В очень мал.

О колебаниях судна на тихой воде.
Сравнение качаний судна без сопротивления с качанием простого маятника; ошибочность подобного сравнения.
Может ли быть качание. Общее выражение уравнения ускорения. Спрямительность качки. Ответственность килей. Термины для качки судна. Внутреннее и внешнее ускорение для судов обыкновенной конструкции. Период качки на тихой воде, т. е. естественный период. Таблица периодов некоторых судов.

О колебаниях

§ 87. Если судно, находящееся в

судна на тихой равновесии на тихой воде, видно наклонено к какой-нибудь стороне на док и поэтому представляется собою седло, то оно начнет совершать колебание около своего положения равновесия. Большие или меньшие продолжительность таких колебаний, которые мы будем называть естественными колебаниями судна, имеют, конечно, большое значение в вопросе качки судна на волнении, вследствие чего и является необходимость подвергнуть особому рассмотрению все обстоятельства, сопровождающие естественные колебания судна. Дело, что колебания эти могут совершаться по какому угодно направлению, но для практических целей будет совершенно достаточно, если мы ограничимся рассмотрением только тех колебаний судна около положения его равновесия на тихой воде, т. е. около прямого его положения.

Али какое судно не может качаться на тихой воде, не испытывая сопротивления от воды своему колебательному движению, но вопрос о качке значительно усложняется, если сначала допустить воображаемый случай качки

безоусловное сопротивление, а затем ввести
условие сопротивления и соответствующее
поправкам.

Наша теоретическая постановка
вопроса о колебательном движении на тихой
воде, условие сопротивления сопротив-
ление воды играет роль востанов-
ляющей: оно дает возможность, при-
менить, хотя и с оговорками, но за то
получить точные математические из-
разумления, тогда как условие со-
противления по малой измывован-
ности своей, настолько усложняет
вопрос, что до сих пор не извещены
еще сколько-нибудь удовлетворитель-
ные теории.

Але, добавая в упомянутые тео-
ретические измывования, рассмотре-
ние также в общих чертах, когда
совершаются колебательные движения, т. е.
качали его на тихой воде под
влиянием содействующей силы инерции.

Мы уже знаем, что судно, раз-
сматриваемое в равновесии на ти-
хой воде, находится под влиянием
двух равных и противоположных
вертикальных сил, а именно: вве-
са его и гидростатического давле-
ния воды. Когда качающееся судно
относительно от своего перво-
начального равновесия, то две силы од-
новременно паре, противоположную
силу давлению воды, так как оно
судно, причем величина этого

противодвижение, какъ известно, изъ-
рекаетъ моментомъ этой пары; мо-
ментъ-же разсматриваемой пары
просто въводитъ съ тѣломъ ее, ко-
торое въ свою очередь возрастаетъ
вмѣстѣ съ возрастаниемъ угла покло-
ненія сѣдла (§ 42 оъ устойчивости).
Расклатывшееся сѣдло и перемѣстив-
шееся инерціи черезъ поворачиваніе равно-
вѣсія дѣлаетъ, следовательно, во время
своего наклоненія на правую, поло-
женіи, сторону, постоянно испыты-
вать противодвиженіе своему дви-
женію со стороны непрерывно увели-
чивающагося возматывающагося па-
ры. Вслѣдствіе этого противодви-
женія сѣдла на правую сторону дѣ-
лаетъ постепенно убывать и наконецъ
обратиться въ нуль; если, что въ это
мгновеніе сѣдло достигнетъ конца
своего размаха на правую сторону,
и возматывающае пара дости-
нетъ своего наибольшаго значенія.
Такъ какъ мы предположили, что
сѣдло не подвержено дѣйствію ка-
кихъ-либо постоянныхъ вѣнскихъ
силъ, то предоставляется общему сѣдлу,
что достигнувъ своего крайняго на-
клоненія и находясь подъ вліяніемъ
возматывающагося пары, ничто
не уравновѣшенной, оно начнетъ
вставать въ прежнее положеніе,
т. е. начнетъ совершать размахъ

на левую сторону. Но левое воз-
вращение судна во прежнее положе-
ние, т. е. а следовательно и момент
возстановившей пары будут по-
степенно уменьшаться, но так как
этот пар, в период размаха судна на
левую сторону, действует все вре-
мя в направлении движения судна,
то оно, по левому приближению к
прежнему положению будет двига-
ться все с большим и большим скоро-
стью. В то мгновение, когда судно
достигнет прежнего положения, мо-
мент возстановившей пары
обратится в нуль, и скорость его
вращения достигнет своего maxi-
мума, вследствие чего судно (а так-
же по инерции), перекапит на
другое положение равновесия и станет
наклоняться на правую сторону.
Как только судно перекапит на
правую сторону, возстановив-
шая пара опять появляется, но
левое увеличение угла наклона
судна — возрастает и, противо-
действуя движению судна умень-
шает скорость последнего до нуля,
при чем сама вторая дости-
гает своего максимума. Судно,
таким же образом уравновешенное с другой
стороны и подымаемое возста-
навливающей парой с другой, —
начнет проходить в прежнее
положение, т. е. начнет свой размах

на правую сторону; подталкиваемое
возстановивающегося парю, момент
которой теперь уже убывает, но
двигается в сторону движения,
сильно достигает прямого положе-
ние, иные наибольшую скорость,
выбавие его и по инерции переходя
положение равновесия и т.д. Замы-
селение повторяется во том-же по-
рядке.

Сравнение коле-
баний сурной с
колебаниями
маятника.

§ 88. Если-бы сурно не подвержа-
лось двукратному сопротивлению воды
и воздуха, то углы, до которых оно
отклонялось-бы по одну сторону от
вертикали т. е. от положения рав-
новесия, были-бы между собою все-
гда равны, т. е. сурно качалось-бы
вечно, покидаясь по один и тот-
же углы по одну сторону от вер-
тикальной линии.

Возмущающий идеальный су-
чай колебаний сурной, т. е. сурной
качки без сопротивления, весьма
похож на колебание простого или
математического маятника в
пустоте. Сходство это распро-
страняется и далее, а именно
в сопротивляющейся среде. Как
размах маятника, так и раз-
мах сурной под влиянием со-
противления среды можно
назвать „потухающим“, т. е. дура
качки постепенно уменьшается
до нуля, при чем время кача-

Литография К. Виркендсена (В. О. д. № 1.).

ние маелтикоа есть величина по-
стоянная; это значит, что бу-
дет ли маелтикоа совершить
долгий кагане или малый, вре-
мя, потребное для совершения дол-
гого кагане, равно времени, потре-
бному для совершения малого кага-
не, или, как говорить, кагане
маелтикоа "изхронича" (равно-
временны).

Опытъ и наблюдение показывают, что качение сфера въ предѣлахъ до 15° по одой стороны отъ вертикони также изохронично.

Подобное сходство между маятни-
ком и сфинксом приводит нас к выво-
ду, что заданная форма: „ка-
кая должна быть длина простого
маятника с коротким
сфинксом-бв сферическим (т.е.
одновременным)“. Казалось-бв, что
достаточно только найти маят-
ник, удовлетворяющий поставлен-
ной в заданном условии, а тогда за-
коны колебаний сфинкса можно бв
бв извлечь по сравнению с зако-
нами колебаний найденного маят-
ника.

На некоторое время полагаю, что такое сравнение можно считать вполне подходящим, для чего стоить только предположить, что полный вальс судно, сосредоточенъ въ центр тяжести его, какъ въ чечевицу

Zurück Miradon Kaufland Genuß

магнетиков, а метациентры разна-
тривают какъ точки притягива сѣна
въ покоѣ и въ движеніи, подобно точ-
камъ притягива магнетиков. Иначе по-
ворѣ, предположимъ, что сѣно ко-
лѣблется около метациентра, какъ
около точки притягива, а центръ
тяжести отсѣивается во время ко-
лѣбаній сѣна току-же дугу и въ
тоже время, какъ и магнетикъ,
длина котораго равна метациент-
рическому произведению, т. е. уда-
ленію метациентра отъ центра тя-
жести.

Однородность Исходя изъ такой точки зрѣнія,
сравненіе кача- ній притягива къ свѣдущимъ законо-
ній сѣна съ теніемъ, подобно тому, какъ болѣе
качаніемъ про- длинныя магнетика употребляютъ
стого магн- болѣе времени на совершеніе коле-
тиков. баній того-же числа пропусковъ,
тѣмъ короткіе, — такъ и сѣно съ болѣ-
шимъ метациентрическимъ произ-
веденіемъ должно колебаться
медленнѣе, т. е. тѣмъ болѣе, тѣмъ
сѣно съ меньшимъ метациентри-
ческимъ произведеніемъ. Другими
словами сѣно болѣе устойчивыя
должны качаться тѣмъ болѣе, тѣмъ
менѣе устойчивыя. Опытъ, однако,
показываетъ диаметрально противо-
положное, а именно оказывается, что
менѣе устойчивыя сѣна качаются
тѣмъ болѣе, тѣмъ сѣно болѣе устой-
чивыя.

(Handwritten signature and notes at the bottom of the page)

Теоретическое изыскание знаменитого французского писателя Бюфера (около полутора столетий тому назад) разделил отрасли природы подобно разложению; мы не имеем возможности хотя сколько-нибудь основательно на этих изысканиях, равно как и позднейших писателей, но можем указать лишь в общих чертах в чем именно заключается сущность эмпирического воззрения. Опыт показывает во-первых, что во время колебания судна по тихой воде метацентр его вовсе не остается постоянно на одном и том же месте в пространстве, но также совершает ряд периодических движений по траектории, видо которой зависит от образования судна, во-вторых оказалось, что продолжаясь, около которой колеблется судно, далеко не проходит через метацентр, он остается около центра тяжести, при чем также не сохраняет своего положения в пространстве. Это значит, что колебание судна совершается так, что в каждое мгновение судно вращается около другой оси или в мгновение предыдущее,

почему она и носит название мно-
 венной оси вращения. Если бы мы
 могли определить положение мно-
 венной оси вращения в судно, т.е.
 найти бы находить ось, около ко-
 торой судно поворачивается во все-
 кое донное движение на безконеч-
 ную часть полного угла своего
 наклона, то вопрос о качении
 судна на тихой воде можно
 было бы свести к вопро-
 су о качении маятника, но не
 маятника физического, а физического,
 такое как судно, очевидно, может
 иметь больше сходства с физи-
 ческим маятником, чем с
 первым. Действительно, зная
 положение многовенной оси для
 каждого момента угла кача-
 ния судна, мы, конечно, можем
 судить зная геометрическое
 место всех последователь-
 ных положений многовенной оси,
 в которых она движется во время
 качения судна. Теперь уже про-
 цесс колебания судна на тихой
 воде можно разсматривать,
 как бы происшедшим около
 некоторой оси, сохраняющей
 свое положение в судне, но из-
 меняющей свое положение в про-
 странстве и имея таким
 образом, что во каждый мо-
 мент колебания совершает

ся с поворотением лнвенной осн, соответствующей этому моменту. Если движение осн в простран- стве разсматривать осб, то колебание сфмн около осн можно сравнить с колебанием такого сплошного маятника, времени ка- чания которого равно времени качания сфмн.

Из сказанного следует, что всебшн востно утмт поведит поворотение лнвенной осн коле- бание сфмн.

Положение осн
качаний сфмн.

§ 89. Вниме этого вопроса востно представляется значитель- ное затруднение; однако, прак- тика показывает, что можно допустить без особенных по- приятий, что осб колебаний сфмн сохраняется во нем по- стоянное положение, а именно проходить через его центр тяжести.

Но допустить, что качание сфмн совершается около осн, про- ходящей через его центр тяжести, мбн, конечно видно, нарушается одно из важнейших условий, при- нимаемых нами при разсматри- тии качн корабля на тихой воде, а именно условие неизм- нности водрузителн.

Во самом деле: пусть на (фиг. 85) ЛУ представляется диа-

лишь разстояние центра тяжести

(1) от грузовой точки O представ-

ляет пересечение естественной

грузовой AB с движущегося

центра $A'B'$. На чертеже наглядно видно,

что объем $AOA' <$ объема BOB' ,

и следовательно водонизложение

пока покренение не окончилось без

переворота, но при этом на раз-

ность объемов BOB' и AOA' в

двухзначности - все, следовательно

неизменяемости веса корабля и

водонизложение его должно остано-

в без переворота, а следовательно

корабль должен войти из

воды на бок $q\delta$, т. е. так же,

как и который $H'K'$ будет от

каб. объема $A'O''A$ равный объ-

ему $B'O''B$. Такое движение ко-

рабля даст начало ряду верти-

кальных колебаний, о которых

было упомянуто в теории на-

клонений корабля.

Посмотрим - все ли так, как

велико вертикальное перемещение

корабля $q\delta$, или, что такое, пе-

ремещение центра его тяжести

$qg' = q\delta$.

Из чертежа находим, что:

$q\delta = qg - r\delta + \delta r = b - \text{проек. } gO' + \text{проек. } O'O''$

Используя $O'O''$ через u и заметив,

что

$r\delta = \text{проек. } gO'$ на линию $NK = b \cos \varphi$

и $\delta r = \text{проек. } O'O''$ на линию $NK = u \sin \varphi$

(1) На рис. 10 (1) изображены...

имеем:

$$q\delta = \ell (1 - \cos \varphi) + u \sin \varphi \dots \dots (1).$$

Изобразив эту формулу видим, что для сохранения в допустимые пределы допустимо поднимать при повороте допустимо поднимать при повороте его на угол φ на такую величину, чтобы значение ℓ — значение центра тяжести от грузовой и своей высоте u . Для уменьшения амплитуды подпрыгиваний вертикальных колебаний корабля в момент уменьшения количества ℓ , что и достигается обыкновенно таким расположением нагрузок корабля, чтобы центр тяжести лежал в плоскости грузовой, или, по крайней мере, вблизи последней. Это количество u , то есть, можно считать, что оно есть равно нулю, когда корабль находится в кривой, видим, что с уменьшением радиуса кривизны континуума кривой уменьшается и количество u . Из сказанного следует, что, придавая одинаковую форму симметричную относительно плоскости грузовой, т. е. ось отлив континуума кривую в точку и разности груза так, чтобы центр тяжести корабля пришел в плоскость грузовой, т. е. совпал с этой точкой, или, тем самым, достигая $q\delta$ или $q\delta'$ равным нулю; иначе то-

Литература 15. Визначення (В. О. 8 и № 1).

воре, при этих условиях, судно будет качаться строго около оси, проходящей через центр тяжести и сохранит свое водонеплытие. На практике оказывается, что для современных броненосцев и даже для судов меньшего размера количество μ , при наклоне их на 10° , средним числом не превышает одного дециметра, а потому, положив даже $b = 1 \text{ метр}$ (что на практике всегда значительно меньше и часто $b = 0$), найдем по формуле (1) $q\delta = q\delta' = 100^{\text{см}} (1 - \cos 10^\circ) + 10^{\text{см}} \cdot \sin 10^\circ = 3,7$ сантиметра приблизительно, т. е. количество практически ничтожное; если же положить $b = 0$, то найдем $q\delta = q\delta' = 1,7$ сантиметра приблизительно.

На основании этого, в постановлении изложения будем принимать, что качание судна на такой воде совершается около постоянной оси, проходящей через его центр тяжести, при чем водонеплытие остается неизменяемым, т. е. качка судна не сопровождается вертикальным колебанием. Такое допущение может быть осуществимо на практике в рассмотренных выше частных случаях, водонеплытие, не внося существенных погрешностей, оно значительно облегчает рассмотрение основных элементов естественных качаний судна без сопротивления.

Предположим, что наши неподвижности

Вопросы по теории Кораблестроения

Морского Кораблестроения Корабля

Лейтенант Шварц-Копфман Брун

оси качаний судна дает возможность сравнить эти качание с колебаниями сложного маятника, ось вращения которого также неподвижна.

Менее существенно, упрощенно будет принять вине предположенную задану т. е. найти длину такого простого маятника качание которого было бы изохронично с качанием судна, рассматриваемого как сложный маятник.

Для этой цели найдем предварительное общее выражение углового ускорения качки.

Общее выражение углового ускорения качки.

§ 90. Вине, § 37, мы видели, что для получения углового ускорения судна стоит только взять момент вв. — преимуществен парь и разделив его на момент инерции корабля относительно оси, проходящей через его центр тяжести. Запомним, что первый из этих моментов берется всегда со знаком „минус“ (—), потому что когда судно увеличивается угол наклона, тогда выпремяющее парь, очевидно, противится этому движению, во время же уменьшения угла наклона спирота двигает парь не изгибается, следовательно в этом случае остается такое же самбы. И так, разобрав через а гидростатическое давление воды, равное всю корабля, через а него возстановив всплывшей парь, получим следующую

основную формулу:

$$\text{Угловое ускорение} = - \frac{Qq}{J}, \text{ где } J$$

есть момент инерции всей массы цилиндра относительно оси, проходящей через его центр тяжести. Можно пока взять цилиндр $Q = Mg$, где M есть масса цилиндра, а g секундное ускорение силы тяжести (32,2 фт.) и, кроме того, момент инерции массы цилиндра $J = Mr^2$, где r есть так называемый радиус инерции тела (§ 39), то находим:

$$(1) \dots \text{Угловое ускорение колеса} = - \frac{gq}{r^2}.$$

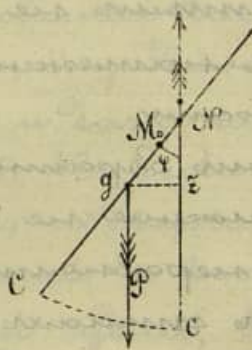
Число $q = gR = gN \sin \varphi$, где φ есть угол наклона, равный LqN (фиг. 86), или назвать qN через n , найдя:

$$q = n \sin \varphi \dots \dots \dots (2).$$

(фиг. 86.)

Подставив в формулу (1) найдем:

$$\text{Угловое ускорение колеса} = - \frac{gn \sin \varphi}{r^2} \dots \dots (3).$$



Заметим, что n вводит, как известно, есть величина перпендикулярная и толкает для небольшого наклона без особой практической погрешности.

может быть принята за постоянную.

Спрямительность
качки.

Из теоретической механики известно, что равнодействующее движ.

может совершиться без всякого гра-
 стия сил, или вообще выходящих при-
 чин и поэтому оно не сопровождается
 возмущением в движущемся
 тьме сил его инерции, или сил
 инерции его частей. Две же существа
 подобно движению, какъ - въ
 быстро оно ни совершалось, остается
 не ощущаемымъ, т. е. не отпи-
 сывается для них отъ совершеннаго
 покоя; такъ напримѣръ мы не чув-
 ствуемъ вращательнаго движениа
 земли, не испытываемъ никакого
 напряжения, сидя въ движущемся
 вагонѣ, когда скорость поѣзда
 установилась. Въ тьмахъ неодуше-
 ленныхъ происходитъ тоже самое:
 силъ инерции ихъ не действуюто,
 и частицы, введенныя однажды изъ
 своего естественнаго положенія, или
 постоянно сохраняютъ новое по-
 ложеніе, или сохраняютъ старое,
 къ которому возвращаются, при-
 чемъ въ тьмахъ не возмущается
 никакихъ размещеній, разрушающихъ
 его крѣпость.

Совсѣмъ обратное происходитъ
 когда движеніе не будетъ однород-
 но, т. е. неравномерно; въ этомъ
 случаѣ въ тьмахъ возмущается
 сила инерции, между ихъ части-
 цами появляются размещенія,
 несвойственныя нормальному со-
 стоянію; при раздѣлахъ перемѣнахъ

Движения могут происходить даже разрывы тканей, поломка ив, и это возможно, иными ивено даже при медленных перемещениях движения, если эти последние не прекращаются.

Живые существа при подобных условиях находятся в постоянном напряжении, утомляются и нередко приходят в возмущенное состояние.

Описанные здесь явления всегда иными ивено при такой называемой спремирующей качке, т. е. когда условная скорость при враждебном движении судна быстро ивняется, или ивнее, когда она быстро растает при восхождении прохода корабля и быстро-же убывает при нисхождении.

В подобном случае, помимо безпокойства для живущих на корабле, спредант также все время судна и даже каждая его отдельная часть. В осознании ивному ивнанию подвергается крепость оконечностей и вообще всевозможных частей судна, в наибольшей-же степени частей рангоута, как-то стеньги, ревы и т. п. Нередко спремирующая качка влечет за собой поломку каких-то частей и это потому, что в них возбуждается

тогда наибольшая сила инерции, сравнительно с другими частями, наибольшее натяжение частицы, что и понятно, если принять во расчет, что сила инерции находится во зависимости отъ родуса вращение, всегда чувствительно увеличивается съ возрастанием последнего. Такимъ образомъ ясно, что стремительность качки есть явление вредное для прочности корабля, съ которою надо считаться, стараясь по возможности уменьшить это качество судна.

Стремительность качки в данное мгновение. Изъ всего сказаннаго выше становится ясно, что стремительность качки не зависитъ отъ условной скорости вращение судна, такъ какъ она сама по себѣ не чувствительна, конь-бы велика ни была, но зависитъ отъ той быстроты съ которою уменьшается эта условная скорость, или, иначе говоря стремительность качки должна измѣряться отношениемъ возрастание условной скорости къ соответствующему промежутку времени. Такимъ образомъ, если мы желаемъ знать стремительность качки в данное мгновение, то должны принять за единицу предельно, къ которому стремительное означенное отношение, то мы должны взять промѣ-

текущего времени. Это показывает, что стремительность качки в данное мгновение должна быть измерена предположительно отношением безразмерно-линейного приращение угловой скорости к соответствующему промежутку времени, или, что такое, первое производное угловой скорости качания судна по измѣненности времени, что выражается, какъ извѣстно изъ механики, угловое ускорение.

Одностепенства
способствующия
увеличению или
уменьшению
стремитель-
ности качки.

§ 91. Вѣще было дано:

Угловое ускорение = $-\frac{Qq}{J}$. Отсюда

силь знакъ минусъ, какъ ни по чему не случаются при качаньи стремительности качки, и на основаніи вѣщесказаннаго, можемъ написать:

$$\text{Стремительность качки} = \frac{Qq}{J}.$$

Можно какъ въ эту формулу моментъ инерціи ввести элементъ, а моментъ инерціи шасси судна знаменателемъ, то докажемъ, что стремительность качки будетъ темъ значительнѣе, чѣмъ болѣе статическая устойчивость судна и темъ менѣе моментъ инерціи его массы относительно оси качанія.

На этомъ основаніи можно указать на следующие обстоятельства, какъ на причины, вѣдущія за собою увеличеніе стремительности качки.

тепловости каки:

1.) Ближкое расположение тяжелых стоней корабельной напрузки, вызывающее значительное понижение центра тяжести корабля, а следовательно и резистентную его устойчивость.

2.) Слишком большая ширина грузовой, или обуславливается через морской момент инерции ее толщине, а следовательно через морское поворачивание судового метацентра и, зависящее от этого поворачивание, уменьшение устойчивости.

3.) Значительное сосредоточение тяжелых грузов в диаметральной плоскости, или вблизи ее, обуславливающее уменьшение момента инерции массы судна. Из этого ясно, что напр. бортовое бронирование способствует подвижности каки, тогда как броневые башни и орудия в носовой части способствуют увеличению устойчивости каки.

Нужно также упомянуть о наиболее важную теорию каки судна на тихой воде необходимо условиться в терминах, которые во последующем изложении постоянно будут употребляться:

Термин-каки
каки судна.

§ 92. Длинные каки называется предельный угол наклона корабля в какую-нибудь сторону, считая от прямого его положения.

Литпография А. Г. Курзенко (В.О. 8 л. № 1.)

2.) Размах сідна есть угол между двумя предельными положениями его качаний на одной и на другой стороне; отсюда следует, что размах всегда равен сумме двух амплитуд. Заметьте, что амплитуды и следовательно и размах, вследствие сопротивления воды и воздуха, не равны между собой, а именно всекае последующая амплитуда, или размах, меньше предшествовавших.

3.) Полное качание есть сумма двух последовательных размахов и совершается оно отъ предельнаго положения сідна на одной стороне, до предельнаго его положения отъ той-же стороны.

4.) Период качки есть продолжительность одного качания сідна, или двух его размахов или-же, какого-либо, четырех его последовательных амплитуд.

5.) Узаконизанное качаніе, какъ уже было упомянуто, называется чрезвычайно важный законъ, по которому, не смотря на постоянно увеличивающееся подъ влиянием сопротивления амплитуды и размахи качаний, продолжительность полного качанія, размаха и амплитуды во всякой степени остается постоянною; при условии качки безъ сопротивлений периодъ последней

Литавъ Шидовъ - Кнута Гренъ

Но основанию высказанного
 (F) ... φ ...
 пометки, что последние пропор-
 ции вполне справедливы только для
 предельных значений ее отношений,
 поэтому переходя к пределу, т. е.
 полагая $\varphi = 0$, можно со всею стро-
 гостью написать следующее ра-
 венство:

$$\text{Пред.} \left(\frac{\kappa}{n} \right) = \text{Пред.} \left(\frac{\sin \varphi}{\varphi} \right).$$

Но κ есть величина постоянная;
 количество же n при $\varphi = 0$ очевидно
 (8) ...
 одолевается в gM_0 , т. е. в малую,
 или начальную, метacentровую
 высоту, что следует из самого
 определения малой метacentра.
 Заметьте, кроме того, что пред.
 $\left(\frac{\sin \varphi}{\varphi} \right) = 1$ и поэтому gM_0 через m_0
 пишется:

$$\text{Пред.} \left(\frac{\kappa}{n} \right) = \frac{\kappa}{m_0} = 1, \text{ т. е.}$$

$$\kappa = m_0.$$

Итак постоянный множитель
 κ во формулах (4) и (5) есть ничто
иное, как малая метacentровая
высота судна. Подставив эту
 величину во формулу (5), получим:

$$q = m_0 \varphi \dots \dots (6).$$

Это представляет всеобщую про-
 стую выразение возмущающего
 момента для большинства су-
 дов.

Подставив найденное значение
 q во формулу (1), найдем:

$$\text{Угловое уск. судна обвн. контр.} = - \frac{g \sin \varphi}{\rho^2} \cdot \varphi \dots \dots (7)$$

Это и есть другое выражение углового ускорения для долготности судна во предполож. углов наклонений да еще до 50°.

Во виду найденного факта можно предположить изометрию, дающую той формулу несколько иной вид, а именно положив $\frac{\rho^2}{m_0}$ равным l , т. е.

$$\frac{\rho^2}{m_0} = l \dots \dots \dots (8)$$

найдем:

$$\text{Угловое уск. качки судов. обвн. контр.} = - \frac{g}{l} \cdot \varphi \dots \dots (9)$$

Здесь l очевидно есть линия и при том, как впоследствии будет выяснено, представляющая длину простого маятника, чей период качания равен естественному периоду качания судна, или как можно говорить синхронизма с этим судном.

Формула (9) дает весьма простое выражение для углового ускорения качки, так как все три элемента, от которых оно зависит суть простейшие физические величины, из которых каждое может быть непосредственно измерено.

Стремительность § 94. Воше бы видны, что качка в зависи- стремительность качки измерит-
мости от угла се угловым ускорением качки,
наклонения. а потому, применив формулу

(9) за выражение стремительности кошки, можно сказать, что стремительность кошки того-же судна всегда пропорциональна углу его наклона, так что с возрастанием угла φ вдвое и втрое, стремительность вращения судна возрастает в том-же отношении.

Назвать отношение стремительности кошки к углу наклона φ средней стремительностью найдем, что

$$\text{Средняя стремит. кошки} = \frac{g}{l} = \frac{g m_0}{J^2} \dots (10).$$

Из последнего видно, что средняя стремительность кошки для данного судна всегда одна и та-же, выражаемая соответствующим числом (отношение $g = 32,2$ фута к в-дм-ка маленького в футах), которое таким образом представляет собою величину характеристичную для данного судна.

Наибольшая угловая скорость.

§ 95. Пусть ω выражает угловую скорость вращения судна. Запомним, что угловая скорость во данное мгновение во вращательном движении материальной точки называется углом, к которому стремится отношение безконечно малого приращение угла поворота к соответствующему промежутку времени. На этом основании угловая скорость ω можно

снова видно:

$$(a) \dots \omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

В то же время в. м. выражение для
момента скорости, соответствующее
в. м. соответствующему времени dt .
Можно считать, что ускорение, соответ-
ствующее данному выражению равно
 $\frac{d\omega}{dt}$, но при этом и разделение
на φ и φ^2 не $d\varphi$, поэтому счи-
таем следующее выражение:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

В то же время $\frac{d\omega}{dt}$ соответствующее (a) равно
тому же как ω , а поэтому
моменту момента:

Ускорение $\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \omega$, что
и дает другое выражение для усе-
ренного ускорения, а именно:

Ускорение равно ускорению
скорости, умноженному на первую
производную ускорения по
времени. Это
новое выражение ускорения
значительно обобщает предыдущее
выражение. Умножив на внимание
выражение (9), имеем:

$$\omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} = -\frac{g}{L} \cdot \varphi$$

или

$$\omega d\omega = -\frac{g}{L} \cdot \varphi d\varphi.$$

Умножив на φ и интегрируя

Движущим оном является положение судна, т. е. когда $\varphi = 0$, а угловая скорость пусть будет некоторая определенная величина ω_0 , до предельного, соответствующая переменной углу φ и связанной с ним переменной скорости ω , — найдем:

$$\int_{\omega_0}^{\omega} \omega d\omega = \frac{g}{l} \int_0^{\varphi} \varphi d\varphi$$

т. е.

$$\frac{\omega^2}{2} - \frac{\omega_0^2}{2} = - \frac{g}{l} \cdot \frac{\varphi^2}{2}$$

или

$$\omega_0^2 - \omega^2 = \frac{g}{l} \cdot \varphi^2 \dots \dots \dots (11)$$

Найдя в переменной φ наибольшее значение угла φ (т. е. наибольшую амплитуду качения) и заметив, что когда судно достигает своего предельного положения при повороте на концы — наоборот сторону, то оно на мгновение останавливается, т. е. мгновенная угловая скорость ω , равная нулю, — введем эту величину в уравнение (11) и получим:

$$\omega_0^2 = \frac{g}{l} \cdot \varphi^2 \dots \dots \dots (12).$$

Но ω_0 есть угловая скорость судна, когда оно качается прямо — дано в предельное положение и, наоборот, было введено, движется с наибольшей быстротой, следовательно уравнение (12) дает нам выражение наибольшей угловой

можно сказать, что полюбовная урав-
ная скорость качки, приобретаемая
судном во время его полюбования, про-
порциональна амплитуде качки. Та-
ким образом, с увеличением ампли-
туды вдвое, втрое и т.д., надоб-
ная уравная скорость качки во вре-
мя полюбования также увели-
чится вдвое, втрое и т.д. Следова-
тельно, видно, что отношение между
полюбовной уравной скоростью ω
и амплитудой ϕ две про-
ме я есть величина постоянная, рав-
ная $\pm \sqrt{\frac{g}{l}}$.

Другое выражение переходной урав- Моделируем во уравнение (11) вместо
ной урав- ω^2 его значение взятое из формулы
ной урав- качки (12) получим:

$$\frac{g}{l} \phi^2 - \omega^2 = \frac{g}{l} \psi^2,$$

откуда

$$\omega^2 = \frac{g}{l} (\phi^2 - \psi^2) \dots \dots \dots (14)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \cdot \sqrt{\phi^2 - \psi^2} \dots \dots \dots (15).$$

Можно для формулы (15) найти другое выражение переходной
уравной скорости во зависимости
от переходного угла накло-
нения ψ при качении суда.

Период качки на $\S$ 26. Взять во последней форму-
лах качки, т. е. из амплитуды ϕ отнять множи-
тельственный ме- темень и внести его за знак ради-
уса.

Вспомогательная формула для качки

Можно подставить формулу

Лист 25
Знаменатель

$$\omega = c\varphi \sqrt{\frac{g}{l}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)^2}$$

и тогда так $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$, то

$$\frac{d\varphi}{dt} = c\varphi \sqrt{\frac{g}{l}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)^2}, \text{ отсюда}$$

$$dt = \frac{d\varphi}{c\varphi \sqrt{\frac{g}{l}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)^2}}$$

Положим вместо $\frac{\varphi}{\varphi_0}$ вместо x , и
перейдем от φ к численному показателю
логарифма, тогда:

$$dt = \frac{d\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)}{\sqrt{\frac{g}{l}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)^2}} = \frac{dx}{\sqrt{\frac{g}{l}} \cdot \sqrt{1 - x^2}}$$

Используя из дифференциал-
ного исчисления, что $\arcsin x$ (или
 $\sin x$)' = $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ и что дифферен-
циал, м. е.

$$d(\arcsin x) = \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}},$$

мы можем представить себе посто-
янное уравнение между углами $\varphi=0$,
или что то же $x=0$, и $\varphi=\varphi_0$, или что
то же $x=1$ и наоборот непрерывного
изменения x , а также две незави-
симые уравнения соответствующих
мгновений $t=0$ и до
 $t=t$. И тогда, используя, что

$$\int_0^t dt = \frac{1}{\sqrt{\frac{g}{l}}} \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}, \text{ м. е.}$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{\frac{g}{l}}} \cdot \text{arc. sin } x, \text{ мин}$$

$$(81) \quad t = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \text{arc. sin } x, \text{ мин на колебл.}$$

$$t = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \text{arc. sin } \frac{\varphi}{\varphi_0} \dots (16),$$

что и представляем общее выражение продолжительности t колебания корабля от первоначального до некоторого угла φ .

Формулу (16) можно упростить также в следующем виде: разделив обе части равенства на $\sqrt{\frac{l}{g}}$, получим,

$$t \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} = \text{arc. sin } \frac{\varphi}{\varphi_0},$$

откуда

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \text{sin} \left(t \sqrt{\frac{g}{l}} \right) \dots (17).$$

Подставляя в формулу (16) вместо переменного наклонения φ амплитуду φ_0 , очевидно, получим полное переменное t колебания, выражающее продолжительность одной амплитуды; таким образом:

$$\text{Продолж. ампл.} = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \text{arc. sin } 1.$$

Вспомогая, что $\text{arc sin } 1 = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ и что полный период, который означим через $2T$, равен продолжи-

требовать четырех последовательных
оценок, т. е. $4t$, найдем:

$$2T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \dots \dots \dots (18).$$

Это и есть верное простое выра-
жение естественного периода кача-
ния для большинства случаев, да-
же при значительных наклонах.
Отсюда видно, что продол-
жительность одного размаха, или
полупериода

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \dots \dots \dots (19).$$

Последнее формула непосредствен-
но с формулы простого (мате-
матического) маятника, с кото-
рого воспроизводится в физике. Здесь
количество l есть длина такого
именно простого маятника, ка-
кая которая синхронизирована с
качением сина

Подставив в формулу (18) вме-
сто l его значение из формулы (8),
найдем след. выражение для есте-
ственного периода:

$$2T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2}{m_0 g}} \dots \dots \dots (20)$$

Умножив числитель и знаме-
натель подкоренного умножения
на M — массу сина, получим:

$$2T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 M}{m_0 g M}} ;$$

то $J^2 M = \dot{J}$ — момент инерции массы
судна относительно оси колебаний, а
 $J M = R = Q$, т. е. весу, или водоз-
мещению судна, судд.

$$2T = 2\pi \sqrt{\frac{\dot{J}}{R \cdot m_0}}, \dots \dots (21)$$

или

$$\text{период } T = \pi \sqrt{\frac{\dot{J}}{R \cdot m_0}} \dots \dots (22)$$

Используя формулу (21) или (22) ви-
дим, что

I.) Период T одного размаха судна
зависит только от веса, а следовательно
и качка его на тихой воде только
покачивая или медленнее, чем воз-
растает момент инерции массы
судна относительно оси качаний
проходящей через его центр те-
жести.

II.) Период одного размаха T судна
зависит только от веса, а следовательно
и качка покачивая, чем устойчи-
вость судна ($R m_0$) меньше.

Сопоставив эти заключения с теми, ко-
торые были приведены в § 91, видим,
что все обстоятельства, влияющие за-
содого уменьшение сопротивляемости
качки, во всем случае способствуют
увеличению периода и обратно.

Приведем здесь таблицу результатов на-
блюдений над судами, пошедших в рассмотрение
обратнозависимости, существующую между
естественным периодом и устойчивостью:

Наименование судна.	Тип или класс судна.	Метод измерения в боковой срезе.	Естествен- ный период (2T) качки в секундах	Длина соф- та в метрах	Масса разма- хов в минуту
Instant.	Английский без- роходный не- броненосный срезант (на- ружно-паровой).	2,8	16	210	7½
Sultan.	Английский броненосный срезант . . .	2,5	17	260	6¾
Magenta	Французский бро- неносный двух- дечный корабль (паровой) . . .	3,25	14,67	175	8½
Flandre.	Французский неброненосный срезант . . .	4	12	120	10
Prince Consort	Английский броненосец . .	6,5	10,5	90	11½
Devastation	Английский без- магнетный бро- неносец, много- бортный . . .	3,75	13,52	150	8¾
Cerbère.	Французский прибрежный броненосец, мно- гобортный . .	7,5	7,8	50	15½
Oronogo	Французский мортир . . .	14	5,4	25	22

Основные условия теории волны
Мнение о прохождении теории
волны и построение теории
прохождения волны. Движение
вдольных частиц по их орби-
там и движение формы волны.
Внутреннее строение волны. Из-
менение в направлении и на-
пряжении давления воды соот-
ветственно движению волны.
Способы измерения длины вол-
ны и скорости распростра-
нения волны.

§ 97. Рассмотрим концы судна
на покойной воде, под действием
на рассмотрение качки судна на
волнении. Если судно находится на возмущен-
ной поверхности моря, т. е.
в тех же уже условиях, должно
иметь движение, зависящее от
известной причины от этих
новых условий. Иными словами:
современное колебательное движение
морской воды, необходимо должно
оказать влияние на элементы
естественных колебаний судна
и главным образом на их
амплитуду этих колебаний.

Взаимосвязь той зависимости,
которая существует между элемен-
тами волны и элементами ест.

ственных колебаний сфидна, и составляет повсюду задачу во вопросах о качень сфидна на волнении. Ради ясности, краткости и простоты последующаго изложения необходимо теперь коснуться теории волны, хотя-бы въ общих только чертахъ.

Не останавливаясь на изложении иныхъ причинъ, которые приводятъ воду въ волнообразное движение, замѣтимъ только, что какова-бы ни была причина, производящая волну имѣетъ некоторую постепенность: покойная поверхность воды приходитъ сначала въ состояние незначительнаго возмущения, которое затѣмъ, при благоприятныхъ обстоятельствахъ, принимаетъ все болѣе и болѣе значительныя раздѣлы; она достигаетъ некоторой наибольшей величины, и наконецъ, по усмирении возмущившаго воду силъ, не сразу, но мало по малу уменьшающееся въ раздѣлахъ, пока возмущенная поверхность воды не придетъ снова въ горизонтальное положеніе.

Вопреки этому процессу можно наблюдать такой промежутокъ времени, когда высота, длина и другіе элементы волны сохраняютъ постоянное значеніе.

Всекому ясно, что характер и величина волны, образовавшиеся на мелких местах, для условия могут представлять свободному движению водных молекул, должны отличаться от тех - все элементов волны, образовавшиеся на глубоком месте.

Основные условия теории волны.

Рядом возможных упрощений теория волны рассматривается: во 1^ю) только такой ряд волны, форма и размеры которых предположительно одинаковы; во 2^ю) предполагается, что рассматриваемое волновое движение воды происходит на такой глубине, относительно которой размеры самих волн могут быть приняты очень малыми и во 3^ю) предполагается, что ряд волны состоит из последовательных - идущих, одна с другой не сталкивающихся и одна другую не перекрывающих волн.

Волны, встречаемые среди океана после окончания шторма, могут считаться практически удовлетворяющими этим основным условиям теории волны, так как после последовательные ряды их, в течение некоторого промежутка времени, имеют одинаковые размеры и форму, а также сохраняют правильность своего движения.

Литва М. М. Канцлер

Кроме того, давление дна океана от поверхности воды с избытком удовлетворяет второму из перечисленных условий, так как глубина волнового возмущения воды, как показали опыты, ничтожна сравнительно с средним океанским глубинам.

Постоянное поступательное движение воды.

Наблюдая такую воду, мы прежде всего замечаем, что волны из тихих очень быстро увеличиваются в высоту, а другие давления от нас с такого-же быстрого.

Интересны наблюдения английского ученого Доктора Скорзона, произведенные им в Английском океане; так напр., от волны, что волна в 400 футов длины имеет скорость движения, равную 27^{ми} узлов, а интервалов волна в 600 футов длины имеет скорость в 32^{ми} узлов. Известно, что такая промежуточная скорость волны есть явление только кажущееся, что в действительности частицы воды движутся по круговым орбитам, причем сама орбита не имеет никакого перемещения относительно неподвижных предметов.

Все это очень легко убедиться, для чего стоит только бросить с борта корабля ку-

сообщения и мы увидим, что это будет только комбинирование, не связанное с линией, конечно, если иметь в виду и течение.

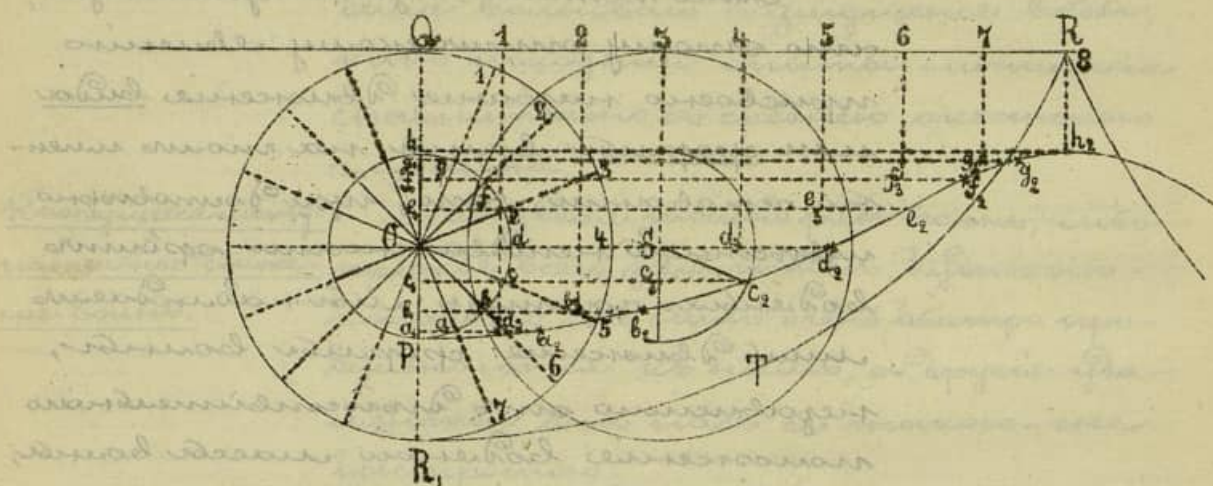
Вот кстати будет упомянуть, что этому оптическому явлению присвоено название движение видов или формы волны, на том именно основании, что, при достаточно известной неподвижности ординат водных частиц, мы наблюдаем лишь движение формы волны, независимо от действительного перемещения водной массы волны, с которой начинаем наши наблюдения. Механическая теория волны весьма легко объединяет различные моменты движения частиц волны и движение формы

построение про- и формы волны; но прежде чем объединить их, необходимо показать способ построения профилей волны согласно указанным рассмотренной теории.

§ 98. Для этой цели, представим себе, что круг, радиус которого есть OA (рис. 87) касается по горизонтальной прямой линии QR , лежащей поверх круга и касательной к нему в точке Q (в начальном его положении).

Длина QR взята равной полу-

окружности, так что касательная
 круга совпадает по направлению при
 (см. 87).



установлении своем от Q к R .
 Если прямо QR и полуокруж-
 ность QR разделим по одно-
 му и тому же числу равных частей
 (обозначим их числами 1, 2, 3.....),
 то, очевидно, что при движении
 круга точка на прямой линии
 и на круге будут последова-
 тельно совпадать. Значит, по-
 можем, что на радиусе OR ,
 касательная круга взята точка
 P , которую назовем произво-
дительною точкою.

В то время как круг ко-
 тится, точка P ввертывается кри-

было, а именно траекторию $Pa_2b_2c_2\dots n_2$,
 которое и представляет собой тео-
 ретический профиль волны от впа-
 дения P до арены n_2 . Могли бы
 образом траекторию легко можно
 было бы получить, если бы пока-
 зывало колесо по полу, вставив
 предварительно в какой-ни-
 будь ленту модой из его стир-
 караидана, который можно бы
 чертить по стержню. В этом
 случае получим бы траекто-
 рию, но только обратную вида
 с поперечной на средину 80° ;
 чтобы получить траекторию по-
 стое вида, нужно было бы пока-
 зывать колесо не по полу, а по
 потолку.

Определение конкол-миды мож-
 ну траектории весьма просто.
 Две даны из точки Q , как
 центра, радиусом QR описан
 круг Wch . При вращении ка-
 менного круга, точка (3) на
 его окружности во время из мо-
 мента совпадает с точкой
 (3) по направлению QR ,
 в это-же время центр кон-
 центральных кругов при-
 мет положение S , т.е. на
 пересечении перпендикуляра,
 возмещенного из точки (3)
 по направлению QR , с прямой
 OS , параллельной этой направ-

металлов и по которой перемещается центр O катящегося круга, во время его качения по прямой QR . Угол α на которой катящийся круг при этом повернется выразится через $\angle QOS$; очевидно, что на тот-же угол повернется и родус OI , т. е. на

$$\angle I^{0}OS = \angle QOS.$$

На этом основании, проведем через S прямую SC_2 параллельно OC , и отложим длину $SC_2 = OC$, получим точку C_2 , которая приподвинуты пройдет, ибо в ней будет находиться точка P в тот момент, когда центр катящегося круга придет в точку S .

Можно таким-же образом определить эту точку, если мы проведем CC_3 параллельно направлению QR ; тогда получим точку C_3 в пересечении с линией SZ . Если теперь от точки C_3 отложим прямо C_3C_2 равно CC_1 , то получим ту-же точку прохода C_2 .

Уравнение прохода легко вводится. Во самом деле: возьмем начало координат в точке Q , прямую QR примем за ось X^{00} и прямую QR , за ось Y^{00} . Тогда координаты точки

ки C_2 через X и Y имеем:

$$x = c, c_2 = c, c_3 + c_2 c_3$$

$$y = c, Q = c, O + OQ$$

обозначим: $OQ = a$, $OP = b$ и угол $QOP = \theta$

и заметим что:

$$C_1 C_3 = QZ$$

есть нити или как ввиременная дуга QZ катящегося круга, линейная длина которой, как известно, выражается через OP , а именно

$$c_2 c_3 = b \sin \theta \quad (\text{см. } \Delta^{OP} S c_3 c_2),$$

после подстановки получим:

$$x = a\theta + b \sin \theta \quad \text{и равным образом:}$$

$$y = a + b \cos \theta$$

Кривая R, TR , описанная точкой R катящегося окружности называется циклоидой, и следовательно может быть рассматриваемой как предельный профиль, который могут быть описаны различными точками радиуса OR , катящегося круга. Точка кривой изобразяется собой волну в том состоянии, когда она раздвигается. Точка видна из терменской предельной волны бесконечного круга, а в подлинном виде.

Во последующем изложении часто будут употребляться слов. термины.

Термины.

Длина волны — или расстояние во футах от одного предельного до другого, или от подлинного

подомбы.

Высота волны т. е. возвышение вершины гребня над подомбой, кою мы (см. 88) высоту волны $= 1^2 R =$ двойному радиусу производящему проходу $1^2 R R R \dots$

Период волны есть время в секундах, в продолжении которого гребень волны проходит расстояние равное длине волны.

Скорость волны есть пространство (в футах), проходящее гребнем волны в 1 секунду времени. Если же эта скорость найдене, если длину волны разделим на ее период.

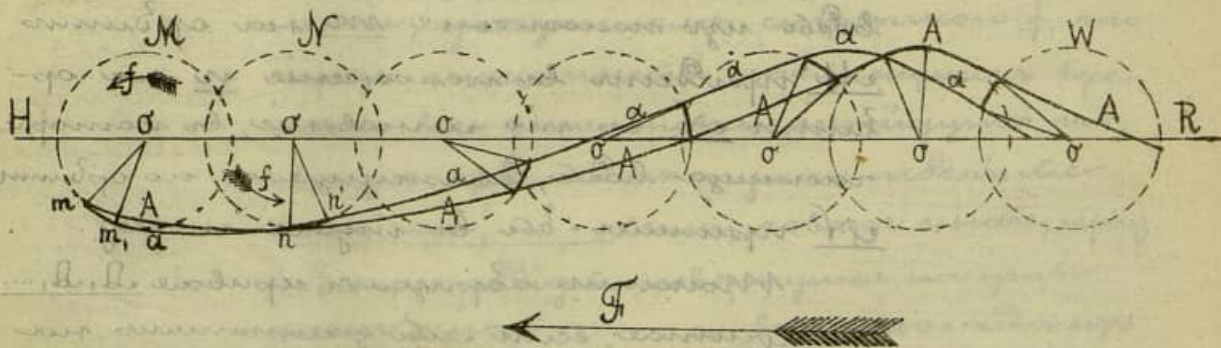
Движение воды.

§ 99. Проходившая теория движения воды волны гласит, что каждая частица поверхности воды обращается в движение спирального движения спирального движения по круговой орбите, расположенной в горизонтальной плоскости, перпендикулярной к линии гребня волны, при чем промежуток времени, который водная частица употребляет на прохождение или орбиты, равен промежутку времени, в течение которого волна проходит расстояние равное своей длине, т. е. равно периоду волны.

Видереть на поверхности спокойной воды несколько частиц, находящихся в равных, но

Литература К. Вирхендс (В. О. 8 ч. № 1).

производительных разномыслиях между собой и продолжив их движение, предполагая то волнение уже установившееся. Каждая из растений A, B, C, ... (фиг. 88) движется, как сказано, по прямой орбите, причем радиусы орбит всех рассматри-ваемых растений равны между собой. Если допустить, что при возникнове-нии волнения крайнее левое растение стало движаться первого, а затем все последующие, но постепенно одна за другою, то понятно, что если-бы мы имели возможность вразь остано-вить движение всех вбиромных растений, то они оказались бы каждая на своей орбите, но не на одной прямой линии; другими (фиг. 88).



словении, каждое из растений оказы-
вается в на некоторой определен-
ной части своей среды, считая от
горизонтальной линии НН. Уро-
веньные частица растения или ср-

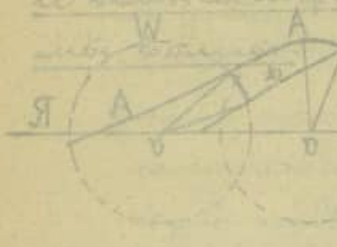
Вопросы по теории Корреляционных
Морского Капитана Корнуса.

Decemr 26th

Зинтан Умиди Камфар Тривед

быть не были бы равны между собой, а самые частицы оказались бы расположенными по некоторой согласной кривой $\underline{A, B, C, \dots}$

Вместо того, чтобы получить кривую $\underline{A, B, C, \dots}$ надвигае во некоторое положение положение нескольких частиц сразу, мы, очевидно, можем бы воспроизвести ее, допуская, что движется только одна частица по орбите $\underline{M}$ и в сторону, указанного стрелкою $\underline{f}$, а сама орбита движется так, что приходит из положения $\underline{M}$ в положение $\underline{W}$, при чем центр ее скользит по горизонтальной прямой $\underline{HK}$; кроме того, надо предположить, что рассматриваемая орбита движется с такою скоростью, что частица буди из положения $\underline{m}$ на орбиту $\underline{M}$ придет в положение $\underline{n}$ на орбите $\underline{N}$, в то положение, в которое частица буди, движущаяся по орбите $\underline{N}$ пришла бы в ту же точку.



Можно образовать, кривая $\underline{A, B, \dots}$ получится, если мы займем на орбите $\underline{M}$ точку $\underline{m}$, заставим ее вращаться около центра $\underline{O}$, а этот последний заставим скользить по прямой $\underline{HK}$, при чем скорости поступательного и вращательного движения круга предположим совпадающими с упомянутыми условиями.

Подобное движение точки было нами уже рассмотрено в предыдущем параграфе, а именно мы показали, что траектория ее есть траектория. В этой теории волн, в основании которой лежит гипотеза, что частицы воды движущиеся по круговым орбитам называются траекторией.

Радиусы Om , On называются производящими радиусами, потому что принадлежат кругу производящему данному из своих точек траекторию; эти же круги часто называют также производящими кругами.

Если мы представим себе теперь, что часть того движения, в которое мы подмывали положение всех частиц воды на их орбитах, движение их продолжалось в направлении, указанном стрелкою ϕ , то через некоторый промежуток времени все эти точки пройдут по своим орбитальным путям, подобные mn' , mt' , $\dots$, mn , которое иначе, производящие радиусы повернутые на углы $mon' = mon' \dots$, а все траектория из положения $A, B, \dots$ перейдет в положение $\alpha, \alpha, \alpha \dots$

Разумеется так ясно изображено данно, нетрудно видеть очевидно, что предельная траектория волны совпадет с вершиной точкой производящего круга M когда частица воды движущаяся по этому кругу придет в

пути вершины его точки, он поднимаясь
проходящая волна придет впо-
рядку в точку m' в тот мо-
мент, когда частица воды, совер-
шив полный оборот по своей ор-
бите придет опять в точку m' .
Таким образом выясняется, что
в тот период времени, когда ча-
стица воды совершит полный обо-
рот по своей круговой орбите, про-
ходящая волна, или сфера волны, или
сфера волны, пройдет путь рав-
ный расстоянию от подмыва до по-
дмыва, или от гребня до гребня,
т. е. — путь равный длине волны.

Отсюда — все становится понят-
ным почему вечно, постоянно за-
держиваясь, как сказано выше, не уве-
личиваясь волна, на которую оно
упало, не производит движение назад
и вперед, остается почти на мь-
суть. Относительно движения ча-
стицы по орбите есть еще одно
важное замечание, заслуживающее вы-
яснения. Движение это, за исключе-
ния воды, движе-
ния по своей
орбите.

состоит из четырех положений, которые мы
сейчас приведем, может быть раз-
личающихся в каждой данной
момент, как составное из двух
движений: одного горизонтального
и другого — вертикального. Исклю-
чение — все составное из двух
положений:

1.) Когда частица находится

на предних волнах,

2.) Когда она находится на по-
добных волнах,

3.) Когда она находится на по-
мывах по одну сторону ее ор-
динаты и

4.) Когда она находится на помы-
вах по другую сторону своей
ординаты.

На предних или во впадинах, та-
сится ли только горизон-
тальное или вращательное движение, а
во вертикальном направлении не
перемещается. На помывах,
обратно, она движется только
во вертикальном направлении и
не имеет горизонтального движе-
ния. Максимум ее, горизонталь-
ной скорости будет на предних
или во впадинах, а максимум вер-
тикальной - на помывах. Отсю-
да следует, что равноускоренное дви-
жение частицы по кривой ординате
сопровождается ускорением и замед-
лением составных скоростей во го-
ризонтальном и вертикальном
направлениях.

Внутреннее
строение волн.

§ 100. Воздушный мениск сто-
ящего слоя воды океана, не воз-
мущенный еще выходящими сила-
ми на безмассовое множество
безконечно-малых слоев и пред-
положим, что под на-
стоящим какое-нибудь выхо-
дящее

ные сила (напряжения вглубь) и сооб-
щима воде волновое движение. Разно-
триты течения, согласно тороидаль-
ной теории, в какие поперечные ду-
ды приходят наши бесчисленные
беззачетно - тонкие слои во время
установившегося движения. Самые
поверхностные частицы, находясь
на окружностях концентрических кру-
гов (см. 87) производят как одво-
енно более циклоидальную поверх-
ность; частицы воды в глубинах
идут по глубине беззачетно - тон-
ких слоев своим движением про-
водят уже тороидальные поверх-
ности.

Радиусы производимых кругов дол-
жны быть тороидальными поверхностями
будут меньше радиусов произво-
димых кругов тороидальных по-
верхностей, лежащих на мень-
шей глубине. Это уменьшение ра-
диусов производимых кругов идет
вместе с возрастанием глубины
подповерхностного слоя и наконец
на некоторой глубине значение
производимого радиуса достигает
нуля.

Глубина водо-
вно возмуще-
ния воды течения
предельно.

Это значит, что волновое воз-
мущение море распространяет-
ся вглубь, но до некоторого пре-
дела далее которого последую-
щие горизонтальные слои остано-
вятся в покое.

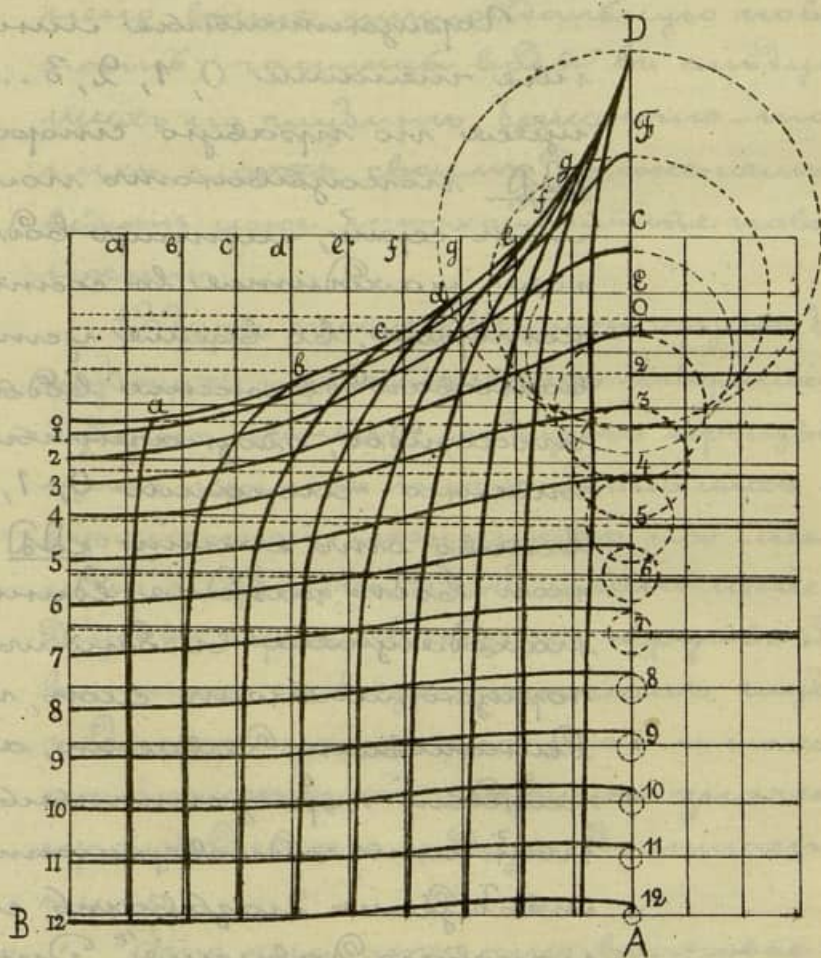
Трохоидальная теория дает закон постепенного перехода от возмущенного состояния поверхности моря к своему покойной водѣ. На основании этого закона все внутреннее строение волны может быть представлено чертешком, подобным показанному на фиг. 89 и заимствованным из статьи Орффа "Wave Motion".

Горизонтальные линии, обозначенные числами 0, 1, 2, 3 находящиеся по правую сторону линии AD показывают положение отдельных серий, частиц водѣ, когда послѣдняя находится въ составѣ покое, которые, во время установившагося волнового движения водѣ, описывают трохоиды, обозначенные соответственно числами 0, 1, 2, 3 и т.д. вѣтвь отъ линии AD. Въ спокойной водѣ каждая единица площади, находящаяся въ одномъ и томъ-же горизонтальномъ слое, подвергается одинаковому давлению, а потому каждый горизонтальный поверхностный или подповерхностный слой мы будемъ называть слоемъ "Одинакового Давления". Это справедливо, конечно, только въ томъ случаѣ, когда вода находится въ спокойномъ состояніи.

Но образованіе волнение трохоидальная поверхность, соответствующая

цая этому горизонтальному слою, будет постепенно переходить во подповерхностный слой. Динамическое давление и частицы, лежащие между двумя какими-нибудь слоями, напр. 6^м и 7^м в спокойной воде, при образовании волны перейдут во промежуток между двумя соответствующими траекториями поверхности.

(Фиг. 89.).



Уровень поверхности спокойной воды, (0) предполагается изгибавшимся в циклоидальную волну (0), строение которой описано в 15. Эксперименте (В. О. 8 и. № 1).

рою уже было отмечено в § 96^м; это есть предельная высота, которой может достигнуть волна, не разбиваясь. Какъ видно на (ср. 89), все трохлоидальные подповерхности сии имеют одинаковую длину с циклоидальной поверхностью, из чего можно заключить, что трохлоидальная теория принимает, что радиусы катенуи (т. е. выпуклых) кривой все равны между собою, а следовательно и радиусу поперечной катенуи кривой, образованной циклоидальной поверхностью abcdefD; радиусы же, производящие внутреннюю трохлоидальную поверхность волны, или внутреннюю ординату частицы воды уменьшаются волноты с увеличиваемою своею высотой. Средни и впадины всех подповерхностей сие находится в вертикальном направлении под средним и подолной верхней просечною волноты.

Изъ этого следует, что длина всех волн, какъ поперечныхъ, такъ и на длину, одна и та же, а кривизна и высота ихъ уменьшается с увеличениемъ; при чемъ такимъ образомъ, что, если увеличение измѣняется в арифметической прогрессии, то радиусы производящихъ кривой (равные поперечнымъ волнотамъ) измѣняются в геометрической прогрессии.

Следуетъ заметить, что вертикаль

Иванъ Александровъ Брунъ

каково в спокойной воде, во время про-
хождения волны принимают форму
кривых линий. На (рис. 89) изобра-
жена одна серия таких вертикаль-
ных линий a, b, c, d, ... Когда вода при-
дет в состояние установившееся вол-
нение, то эти линии примут свое
положение, показанные точками
серии a, b, c, d, ..., всегда зам-
ечающиеся верхними своими кон-
цами к гребню волны, но продол-
жающие вытывать между каждым
соседнего паре точек с амплитудой,
которая зависит от расстояния до
соответствующей соседней паре
линий при спокойном состоянии воды.
Препятствия, образуемые этими
вертикальными линиями (a, b, c, d, ...)
и линиями уровня, переходящими
в течения, во время волнения из-
меняются по виду в ромбовид-
ные фигуры, но площадь их оста-
ется той же.

Упомянутое движение этих верти-
кальных столбцов частицы воды
сравнивается с движением ко-
лосево в поперек в ту и в другую
сторону, во то время как форма
волны проходит по вертикали ко-
лосево. Движение колосево, колебле-
ние вправо, хотя кажется и
воспроизводит изгибаемое нами
движение, но в общем не может быть
названо вращением, потому что

твое тискоств, сдѣлывающая дѣло
горизонтальнымъ своимъ водѣ отъ дру-
ного, тѣмъ же можетъ быть назва-
на поверхностью уровня. И такъ,
все поверхность уровня покойной
водѣ обладаетъ тѣмъ свойствами,
что направление гидростатическаго
давленія водѣ совпадаетъ съ на-
правлениемъ ихъ нормалей.

Теперь возникаетъ вопросъ: сохра-
няется ли давленіе водѣ свое верти-
кальное направление въ простран-
ствѣ и въ томъ случаѣ, когда масса
водѣ, придѣ въ возмущенное движеніе,
придѣается именно проведеннымъ
горизонтальнымъ поверхностямъ раз-
личныхъ слоевъ проходящими опер-
таніе?

Не трудно видѣть, что давленіе
водѣ не можетъ сохранить своего
вертикальнаго направленіе, потому
что теперь каждая частица водѣ
находящаяся уже подѣ вліяніемъ дру-
гихъ условий, тѣмъ въ томъ случаѣ,
когда она вліяется со всего масса
водѣ дѣла въ покоѣ; причина эта
заключается въ томъ, что части-
ца водѣ движущаяся по кривой
орбитѣ подвержена дѣйствію не
только одной силы тяжести то
и центродвѣтеной силѣ. Если мы
центродвѣтеной силѣ, направлен-
ную какъ извѣстно по радиусу
ДВ (см. 90) назовемъ черезъ $\vec{F}$,

срдинѣ, направление давленіе воды
будетъ уже иное, въ чемъ не трудно
убѣдиться, найде, подоитъ предвѣду-
щему, уравновѣшивающую двук-
силь: тяжести и центробѣжной
силы. Тогда какъ вѣковая частица
воды, движаясь по своей срдинѣ, въ
тоже время находится на про-
ходящей поверхности волны, то
справляется теперь, какое положе-
ніе занимаетъ направление давленіе
воды въ точку B относительно про-
ходящей поверхности волны, про-
ходящей черезъ точку B ?

Поверхности
уравненіе.

Изъ гидродинамики доказывается,
что давленіе массы жидкости, ра-
сширяющейся двукратно, дви-
жением образуетъ, всегда направляет-
ся по нормали къ каждой точке
поверхности, ограничивающей раз-
сматриваемую массу жидкости.
Тогда какъ въ данномъ случаѣ по-
верхности, ограничивающей каж-
дую отдельную часть жидкости,
суть проходящія поверхности,
то давленіе воды въ какой-ни-
будь точке волны направляется
всегда по нормали къ элементу
проходящей поверхности, со-
падающему съ этой точкой
волны.

Тогда какъ именно прове-
денные горизонтальныя плоскости,
раздѣляющія покоящуюся воду на слои,

по установившемуся состоянию, абра-
нотное в проходящих на поверхно-
сти, то, следовательно, мы имеем
основание признать эти по-
верхности свои - вероятно название поверхно-
стей поверхности. Таким образом,
мы видим, что будет ли масса
воды в состоянии покоя, или в
состоянии движения движение воды
всегда направляется нормально к
поверхности уровня. Когда вода в
покое, то поверхность уровня гори-
зонтальна, а давление воды вер-
тикально; когда же масса воды
имеет какое-либо движение,
то давление воды имеет свое
направление в каждой точке
воинской поверхности, а именно
совпадает с нормалью к посто-
ней в каждой ее точке.

Итак абраионировать к (ср. 90)
видим, что давление воды - к долж-
но быть нормально к той части
проходящей поверхности МН,
на которой находится частица
В. Подобным же образом для
положения частицы в точке В,
равнодействующая выразится
линей перпендикулярной к ме-
несту проходящей поверхно-
сти М₁Н₁, на которой лежит
точка В. Таким образом, что и ве-
личина давления воды для разных
точек воды не будет одна и

(1. Н. и В. О. В.)

также, но изгибается по криволинейному закону. Оказывается, что движение волны, вообще говоря, производит постоянное изгибание во величину и направлении давления воды на каждой точке гидродинамической поверхности; эти изгибание и направление, согласующиеся с движением волны, могут быть сравнены с правилами колебаний маятника.

В самом деле: у подшивки волны давление воды движется по вертикальной линии, ибо элемент поверхности в этом месте горизонтален; перейдем теперь к сходящейся точке поверхности волны по направлению к предно: в этой точке направление давления, будучи нормально к элементу поверхности, составляет некоторый угол с горизонталю, само составляет некоторый угол с вертикального штифта, отклонившись вверх от этой линии. Величина этого отклонения, при переходе к сходящейся точке волны по направлению к предно, будет все больше и больше увеличиваться до тех пор пока не достигнет своего максимума, что случится, как раз в той точке волны, где она начинается. Иначе на-

Автографы К. Вирженсевича (В. О. З. и. № 1).

вертикали, до равного угла по дру-
гую сторону и при том так, что
время одного размаха его равно полу-
периоду волны, т. е. времени прохожде-
ния подолы и предне волны через
одну и ту же точку пространства.

Если взять то же, что мы
считали фронтитом § 5, с грузом
у нижнего его конца, и будем за-
мечать его движение, то увидим,
что оно будет представлять пово-
рот, совпадающий с поворотом
отклоняющих к предно вертикаль-
ных линий, т. е. будет нахо-
диться к предно волне, причем
на предно и подолы станут вер-
тикально; качение его в ту и дру-
гую сторону от вертикали тоже
будет согласоваться с движением,
периодически совершающимся в каж-
дый полупериод волны.

Корпус отклоняется и от того
и от фронтита так, что он
имеет и такое и вертикальное
протекание в подповерхностных сло-
ях воды, вследствие чего его нельзя
разсматривать как тело, совершаю-
щее движение по поверхности ча-
стицы, подобно тому, или как
тело, представляющее направление
вертикальных стоек воды, по-
добно фронтиту. Ближе будет под-
ходить к разбору этого вопроса

Способы измерения

§ 102. Для проверки траходальной

Длины, высоты и теории, наблюдение волны, конечно, скорости распро- множить особенно важность, но стропение волны. практическое значение таких наблю-дений не менее важно, такое как данные, полученные из подобных наблюдений по возможности необходи-мы инженеру, проектирующему по-вое судно, что впрочем уже отчасти было разъяснено в статье об есте-ственных колебаниях судна на ти-хой воде, отчасти же разъясняется в статье о качке корабля на вол-нении.

Может быть, что с судна наблю-дается один ряд волны. Если ход судна и курс его относительно на-правления поступательного движения волны известны, то легко опреде-лить длину последовательных волн и периоды их.

Способ, примененный доктором Ско-резовым и другими наблюдателями, прак-тикуется до настоящего времени и состоит в следующем:

Два наблюдателя A и B (фиг. 92) stationed на возможно большее раз-стояние друг от друга по длине су-дна. Расстояние это должно быть за-ранее измерено. Для каждого та-кого посту устанавливается пар-рель под углом к направлению к вол-не. Рейки служат маяками, или, лучше сказать, маяками для наблю-дений прохода волны. Наблюдатель,

находящийся на переднем посту, занимает моменты прохода предней батареи через его лично зрение, он занимает также промежуток времени от прохода одного предня до следующего. Второй наблюдатель занимает подобными же образом моменты прохода соответствующих предней.

Из сравнения этих наблюдений получаются:

1.) промежуток времени, занимаемый проходом предней батареи от одного поста до другого и

2.) промежуток времени между проходом двух последовательных предней через лично зрение каждого наблюдателя.

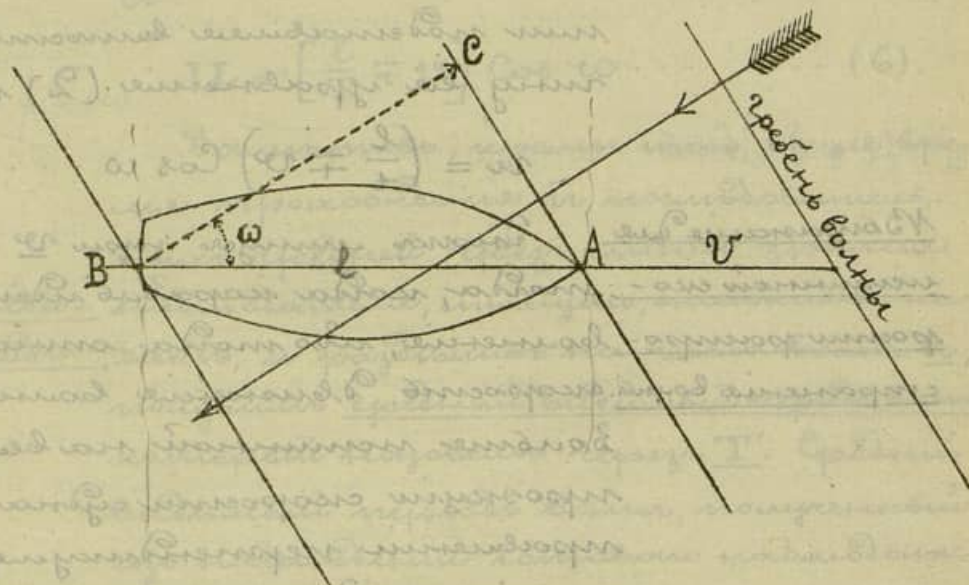
Разность углов между курсом судна и направлением расстреливания батареи через ω , длину базиса через l . Предна батареи, переходя от носа к корме, проходит evidently расстояние BC во время t сек., занимаемое двумя наблюдениями.

Из треугольника ABC имеем:

$$BC = AB \cos \omega = l \cos \omega \dots \dots (1)$$

что и представляет собой путь, пройденный предней батареей во время t с относительной скоростью равной синтетической сумме двух скоростей: 1.) скорости расстрела —

(рис. 92.)



расстояние волны и 2.) скорости движения судна, сжатой по направлению BC . Тогда получим эту относительную скорость, которую назовем через u' , тогда проекция BC разделим на время, т. е.

$$u' = \frac{BC}{t} = \frac{l \cos \omega}{t} \dots \dots \dots (2).$$

Если скорость собственного движения судна по курсу, т. е. по направлению AB назовем через v (скорость по курсу), то действительная скорость распространения волны, по отношению u , получим на основании вычисления по следующим

сформулировать:

$$u = u' \mp v \cos \omega \dots \dots \dots (3)$$

или подставившее вместо u' его величину ее уравнение (2) имеем:

$$u = \left(\frac{l}{t} \pm v \right) \cos \omega \dots \dots \dots (4).$$

Выборжение для

истинной ско-

рости распро-

странения волны.

Знак минус при v берется тогда, когда корабль идет против распространения, ибо тогда относительная скорость движения волны очевидно больше истинной на величину $(v \cos \omega)$ проеции скорости судна на направление перпендикуляра к волн. фронт; знак плюс берется при v тогда, когда судно идет по направлению распространения волны, т. е. уходит от нее.

Заметьте, что неважно, какой бы на одно какое-нибудь наблюдение, но судяет о среднем среднего скорости распространения волны, а также среднего длины волны. Для этой цели надо разделить по крайней мере 10 наблюдений на волнах, судящих одна за другой. Если означим время прохождения волны ДВ посредством $t_1, t_2, \dots, t_n$, то среднее время прохождения равно:

$$\frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} = T \dots \dots (5)$$

и, подставив в уравнение (4), на-

ходится средняя скорость распространения волны, которую назовем через U :

$$U = \left[\frac{l}{T} \mp v \right] \cos \omega \dots \dots \dots (6).$$

Средний видный период волны.

Возьмем, кроме того, общее время прохождения n последовательных средних через линию зрения наблюдателя, стоящего, положим, на берегу, и разделим на число волн n , получим средний видный период волны, который назовем через T' . Средний видный период волны, полученный из наблюдений лодки на неподвижном наблюдателе, можно принять как контрольный, или можно вывести средний видный период волны из наблюдений обоих наблюдателей.

$$U' = \frac{l}{t} \cos \omega$$

Равным образом, зная видную скорость распространения волны, определенной по уравнению (2), следует найти среднюю видную скорость волны, которая получится из того же уравнение, если в него вместо времени t прохождения заданного отрезка средним, подставим среднее время прохождения, найденное уже по формуле (5), т. е. T . Назовем эту среднюю видную скорость через U' найдем:

$$U' = \frac{l}{T} \cos \omega \dots \dots \dots (7).$$

Итак, что средняя длина волны,

т. е. из каких условий
 то новое $\text{период} = \frac{\text{длина}}{\text{на скор. распр.}}$
 то $\text{длина} = \text{период} \times \text{скор. распр.}$
 которую назовем через L , полу-
 чиме, если средний видимый пе-
 риод волны T' умножим на сред-
 него видимую скорость волны; та-
 ким образом:

$$\text{Длина волны. } L = \frac{l}{T} \cos \omega T' = l \cos \omega \frac{T'}{T} \dots (8).$$

Чтобы получить наконец, средний
истинный период волны, введем
 найденную длину волны разделим
 на истинную скорость ее распро-
 странения, тогда и получим сред-
 нее время прохождения предполо-
 жим подлинной волны, простран-
 ства, равного длине волны, т. е.
 средний истинный период. Обозначим
 его буквою Π , тогда:

$$\text{Истинный пе-} \quad \Pi = \frac{L}{u} = \frac{l \cos \omega \frac{T'}{T}}{\left[\frac{l}{T} \mp v \right] \cos \omega} = \frac{l}{l \mp vT} T' \dots (9)$$

При употреблении этих формул
 следует помнить, что знаки, по-
 ставленные под буквами, озна-
 чают видимые, или наблюдае-
 мые, элементы волны, отличаю-
 щиеся от действительных след-
 ствие поступательного движения
 корабля. Угол ω всегда меньше 90°
 и скорость корабля v должна быть
 взята с $(-)$, когда корабль идет
 навстречу волн и с $(+)$, когда
 он уходит от волн.

Если длина корабля недоста-
 точна для того, чтобы
 Литература 15. Виркенгольда (В. О. Д., №1).

можно, чтобы смущалась базисом для
измерения скорости распространения
волны, то опускают с корабля попла-
вок, расстояние которого до корабля
определяется длиной волн.

Наибольшие длины. Подним теперь несколько цифровых
волн, найденные для поперечного представления о дли-
нах наблюдений. Это океанская волна. Самая длинная
из наблюдений волн была изме-
рена французского флота капи-
таном Motte (ныне капитан-адми-
ралом Монтего) в северном Ат-
лантическом океане: она имела
длину в 2750 футов, т. е. по-
чти одно среднее до среднее; ее ис-
тинный период был 23 секунды,
следовательно скорость распростра-
нения ее

$$\frac{2750}{23} = \text{почти } 120 \text{ футов в секунду.}$$

В южном Атлантическом
океане наблюдались волны (Джеймс
Росс) в 1920 футов длиной. Наи-
большие волны, наблюдаемые в Европай-
ских морях, имеют период в $19\frac{1}{4}$
сек., что соответствует теоретиче-
ской длине почти в 2000 футов.

В Бискайском заливе наблю-
дались волны в 1320 футов длиной.
Однако такие громадные волны встре-
чаются редко и длина волны в
600 или 700 футов должна счит-
аться уже довольно. Среднего ве-
личия штормовых волн можно

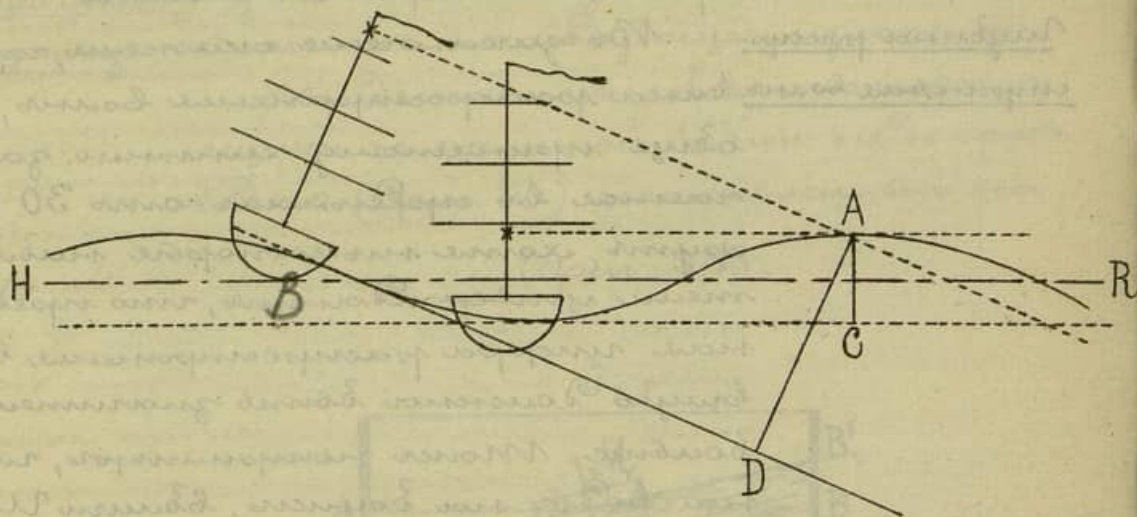
Walter W. Johnson - Captain of the

считают равного от 200 до 400 футов
с периодом от 9 до 11 секунд.

Измерение высоты волны.

Измерение всего определит высоту волны. Для этого наблюдатель поднимается по вантам на такую высоту, чтобы находился над подголова волны, видя сильную точку за него вершину по горизонтальной линии. Высота глаза над ванто-линией покажет высоту волны. Должно стараться подходить при первом посылении корабля. Можно еще, стоя на екорь, бросить лот и по маркам его надобно дать самую высоту и самую низкую точку волны, разность отсчетов дает высоту волны. Должно еще, что направление горизонтальной линии трудно определить по волнению; для придачи, показывающие это направление по спокойной воде, по волнению будут вместо него указывать направление течения, касательной к волновой поверхности в той точке, в которой находится прибор. Например, над наблюдатель находящийся в точке В (см. 93), представляет касательную плоскость ВВ' к волновой поверхности в точке В за горизонтальную и вместо действительной высоты волны ВВ'

(См. 93.).

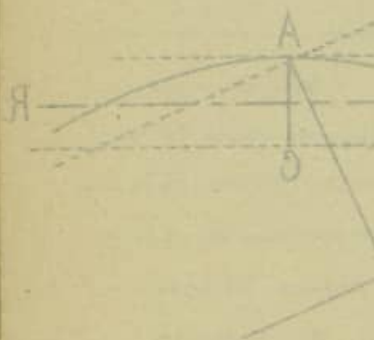


измеряется высотой AD , которая в
сущности будет видимого высоты
волны. Но подомы волны, для ко-
торых находится в прямом по-
ложении, эта ошибка уменьшается,
но при этом нужно помнить, что
которой надводный объект касается
над подомы волны. Это имен-
но правило и вводится в задан-
ные разрывы надводных и за-
стоящихся их придают высоту
волны такие размеры, которые не
подтверждаются действительным по-
ложением надводных. Командир
Dumont d'Urville надводных волн
высоты в 100 футов, Скорости на-
дводных надводных высот в 40

фрут, лейтенант Навис - в 38 фрут;
(эти два последние цифры повиди-
мому могут быть приняты за
предельные высоты волны.

Глубина распро-
странения волны.

В заключение скажем, что гу-
бина распространения волны, по
одному приметному мнению закло-
нается в предельном от 30 до 50
фрут, хотя некоторые наблюдате-
ли утверждают, что предель-
ная цифра распространения волны
вызв. должна быть значительно
больше. Море поперемно, гуде-
на воды на берегу, вблизи Угуб-
ного мыса, около 600 фрут, но, не
смотря на это, вода на ней не
покрывается мутного во время волне-
ния.



Качка корабля на волнении. Оравно-
весьи муть на поверхности воды, мутью-
щейся к горизонту, движущийся
вследствие двукратной постоянной силы
на массу воды; о равновесии муть на
поверхности воды, мутью персе-
мтанный уровень. Колебательное вл. дву-
кратное покатость волны. Одрасне-
ние процессы качки. Зависимость меж-
ду периодом естественных колебаний
суда и периодом волны; формы кач-
ки. Замечание о двукратном сопротив-
лении воды во время качки суда на волнении.

О равновесии

§ 103. Дие однесение процесса качки

кинуть ее через блок, укрепленный таким образом, чтобы часть веревки между шкивом и блоком была во все время движения горизонтальной, а к свободному концу веревки привезом груз P , который, падением своим приведет во движение шкив и произведет движение. Под влиянием постоянной силы P или F шкив выйдет с водого поучить, как известно из механики, равномерно перемещенное движение и именно равномерно ускоренное.

Пока шкив был в покое, то частицы эластичности действовали один только силой тяжести; с того момента, как шкив поучил равномерно ускоренное движение, под влиянием постоянной силы F , каждая частица содержащаяся в нем воды и участвующая в его движении будет, очевидно, иметь такое же ускорение, что и шкив; а так как сила, действующая на какую-нибудь материальную частицу, издается сообщаемым ей ускорением, то заключаем, что сила F приложенная к центру тяжести системы складывается из элементарных сил f , действующих на каждую отдельную частицу.

Каждое такое сила f влечет в себя
кроме того силу инерции ($-f$), рав-
ную себе и противоположную и
применяемую к той-же части-
це.

И так, с того момента, как
ежели происходить равномерно уско-
ренное движение, каждая частица
будет находиться под влиянием
трех сил: 1.) вертикальной силы
тяжести g , 2.) горизонтальной си-
лы f , составляющей некоторую
часть от силы f и 3.) горизонталь-
ной силы инерции $-f$. Второе из
этих сил производит частице
ускорение, общее с еликим, или,
лучше сказать, со всем системю;
потому относительное ускоре-
ние производимое частицею этого
силы, т. е. разность ускорений
всей системы и частицы буди
равна нулю. Из этого сле-
дует, что каждая частица най-
дется двигаться двоякимъ образом
такъ, какъ-бы на нее действова-
ли только две силы: 1.) верти-
кальная сила тяжести g и 2.)
горизонтальная сила инерции $-f$.

Возьмемъ-же в массу буди
какую-нибудь частицу ее O ; две
силы к ней применимы, вѣсъ
 g и сила $-f$, сложная в одну
равнодействующую Γ ; если, что
на каждую другую частицу буди

Движется такая-же равновы-
снующая χ . Но из механики нам
известно, что какие-бы силы на
мало ни действовали центро
массе его движущая сила,
как будто в нем сосредоточена
всё масса тела и притом все
действующие на тело силы.

Можно образом вывести
того, чтобы производить дви-
жение каждой частицы воды в
лужу, мы можем произво-
дить движение центра ее
массе, предполагая, что в
ней сосредоточены все силы воды,
какую назовем через W и
равновыснующая всех сил
 $-F$, т. е. сил $-F$; если, что
направление равновыснующей
силы W и $-F$ будет неод-
нообразно с силой χ . Вме-
сто уже было замечено, что уро-
вень воды одинаков тем же свой-
ством, что всегда располагается
перпендикулярно к направлению
равновыснующей всех сил, дви-
снующих на каждую точку свободной
массы. Так как в данном слу-
чае все эти силы перпендикулярны между
собой и перпендикулярны друг другу равно-
действующих сил W и $-F$, то
поверхность уровня должна распо-
ложиться перпендикулярно к направ-
лению этих равновыснующих,

Литература 16. Изучения (В. О. 8 и. № 1).

т. е. виденъ мнѣтъ уклонъ къ горизонту
равный уклону каждой изъ равнодей-
ствующихъ силъ ϵ къ вертикальной
линии. Это и подтверждаетъ эти сооб-
раженія.

Касуице вѣсь. Равнодействующая ϵ двухъ силъ
 ϵ и δ называется касуице вѣсью,
а направление этой равнодейст-
вующей называется направлениемъ касу-
ице вѣси или относительно от-
вѣса.

Если-бы мы на поверхность уровня
AB поместили помавокъ M съ ван-
нутой въ него палочкой вместе ма-
тѣ, то замѣтили-бы, что когда
палочка уровня AB займетъ по-
зицію A'B', помавокъ M распо-
лжится на новомъ уровнѣ такимъ об-
разомъ, что его масса будетъ перпен-
дикулярна къ линіи A'B'. Это и по-
нятно, такъ какъ центръ тяжести
поставки находится тогда подъ вѣше-
ниемъ δ двухъ силъ: его вѣса и той части
горизонтальной силы инерціи δ , кото-
рая придается палочкѣ поставки пропор-
ционально его массѣ; или, допустивъ,
что масса поставки очень ничтожна,
что не отличается отъ массы каж-
дой частицы воды, на его центръ те-
жести будутъ действовать силы δ и
 ϵ , или ихъ равнодействующая ϵ ,
представляющая собою касуице вѣсь
поставки. Кроме этого касу-
ице вѣса на него действуютъ еще

Вопросы по теоріи Корандеице

Марсело Кадемака Корандеице.

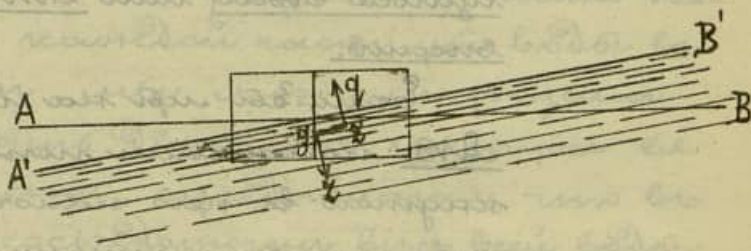
Иванъ Кудряковъ-Камаринъ

Июль 28

Брянскъ

и давление воды нормальное к $A'B'$, т. е. перпендикулярное касательным в эту точку, равное ему и противоположное, и приложенное в центре его величины.

Давление это q (рис. 95) вычисляется касательным углом τ дает на- (рис. 95).



пу, вращающую поверхность до того пор, пока ось силы q и τ не придут на одну линию перпендикулярную $A'B'$; в этот момент равнодействующая двух сил q и τ будет равна 0 и поверхность, при- для в это положение уравновесится (конечно, если масса его ничтожна, в противном случае сила от инерции непрерывно перейдет через положение равновесия).

Относительно касательного угла заметим, кстати, следующее: когда частица воды движется по кривой орбите, то на нее действуют еще и центробежные силы, всегда направленные по

радиусу орбиты; въ крайнемъ верхнемъ положеніи на орбитѣ частица воды испытываетъ симодвигательно двѣ силы: вѣсо (дѣйствуетъ сверху внизъ) и центробѣжной силы (дѣйствуетъ по радиусу снизу вверхъ); ихъ равнодѣйствующая равнае ихъ разности и представляетъ касуційе въ частицы, который въ разсматриваемомъ мѣстѣ достигъ своего минимума; но подобно волнѣ касуційе въ частицы воды достигаютъ своего максимума, потому что разсматриваемая частица находится въ этотъ моментъ въ самой нижней точкѣ своей орбиты, въ которой направление силы тяжести совпадаетъ съ направлениемъ центробѣжной силы. Во всякихъ промежуточныхъ положеніяхъ частицы на орбитѣ, касуційе въ нее ее видѣтъ измѣненіемъ между предѣлами своего максимума и минимума. Корабль и все находящееся на немъ предметы, участвуя въ движеніи частицъ воды подвергается такимъ-же измѣненіемъ касуційе ихъ вѣсо, чѣмъ и ощущается ощущение легкости, испытываемое людьми, когда корабль находится на предѣлѣ волны и ощущение увеличенной противъ нормы тяжести, когда корабль нахо-

Дитие на подложку вонны.

О равновесии
тннх на пре-
мннннх урв-
тнн.

Возвратимся опять к нашему
опыту и предположим теперь,
что направление горизонтальной
силы остается неизменным, но
что напряжение нити остается каковы-
м-либо определенным образом по-
стоянно уменьшается.

Подобное явление нетрудно-было
бы воспроизвести, если-бы на пути
сильования груза P поместить под-
ставки с отверстиями различных
диаметров, через которые груз P ,
состоящий из одинаковых кружков
лишь разных диаметров, прохо-
дит-бы, оставаясь на каждой под-
ставке по одному кружку. Опыт
покажет-бы нам, что в этом
случае уклон поверхности уровня
 $A'B'$ не оставался-бы постоянным,
но изменялся-бы по некоторому за-
кону. К тому-же заключение лег-
ко придет путем разсуждений, со-
вершенно подобным выше изложен-
ным; действительно, в каждый
период времени, следующий за
тем, когда груз P останавливается на подстав-
ке, каждая частица находилась
уже под влиянием горизонталь-
ной силы f другого напряжения,
чем во время предшествую-
щее уменьшению груза P , поэто-
му равнодействующая этой новой

горизонтальной связи — f и неизменяемой
связи тяжести Z будет уже иная
по величине и направлению, лишь в
упомянутое предшествующее мно-
жение, а потому и поверхностное уров-
не, всегда нормальная к этой равно-
действующей, необходимо будет из-
менить свой уклон к горизонту в каж-
дое изменение связующее за уменьше-
нием груза.

Касательная сила, а равно и давле-
ние в каждой точке воды, будет из-
меняться и по направлению, и по на-
правлению, сохраняя последнее всегда
нормальным к изгибающейся по-
верхности уровня. Поэтому, толкаясь
в лодке, человек будет изменять ве-
личину и направление своего касате-
льной силы, причем, изменение эти
будут последствием с измене-
нием тех же элементов ка-
сающейся воды; поэтому в каждое
(в. пр.) изменение, связующее за уменьше-
нием подвешенного груза P , будет
повышение воды, которое будет
приводить человека в положение
нормальное к уровню. Если водо-
изменение помаленьку и постепенно
в сравнении со всей массой дви-
жающейся воды, то оно будет по-
ти и медленно приводить в
положение нормальное к уровню,
в противном же случае оно на-
ткнет вразом все только тогда,

когда возматовиетий моменту
с. с_н (срм. 95) достигнет на-
 которого определенного значе-
 ние.

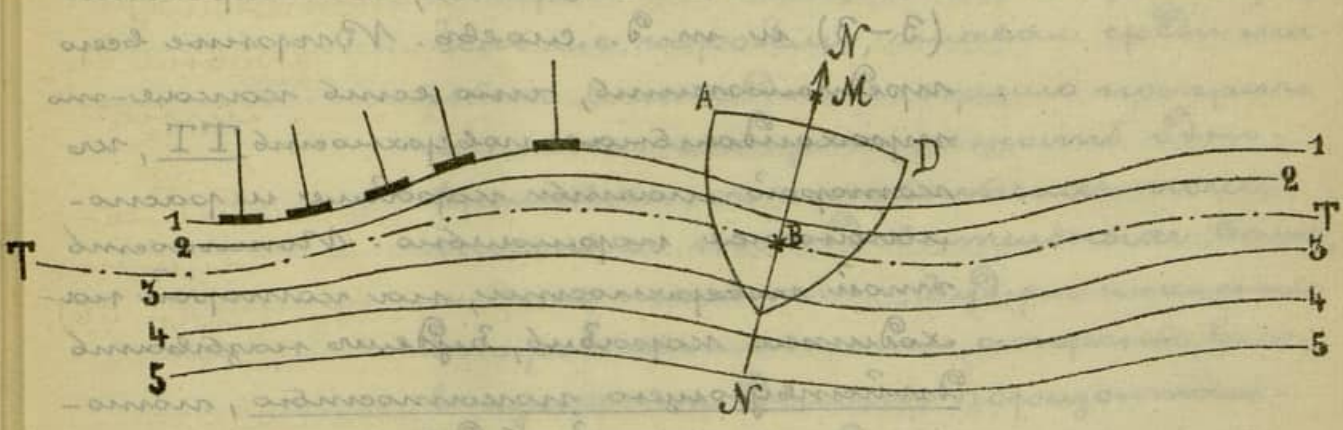
Возобразим, наконец, что мы
 отставим нашу орбиту таким
 образом, что пересечение сирь
 § измывается не мгновенно,
 как предполагали выше, но не-
 прерывно и при этом точка, что
 это то увеличивается, то умень-
 шается. Во этом случае по-
 сение уровня относительно горизон-
 та также будет непрерывно из-
 мяться, а поправка будет коле-
 баться так, что малые ее всегда
 будут направлены перпендику-
 лярно к поверхности уровня во
 каждое разсматриваемое мгно-
 вение.

Возьмем теперь проходящую
 волну и перенесем нашу по-
 поправку по эту волну (срм. 96).

Будем разсуждать также, как
 и в только что приведенных при-
 мерах, полагая нашу столб ма-
 лый относительно волны, что его
 можно разсматривать как ча-
 стичку воды, и движущимся тогда
 так, как движется бы сама ча-
 стичка. Во § 100^м (срм. 91) было до-
 казано, что во всякой точке про-
 ходящей волны поперечное пред-
 ставляет собой равнение давлений во

этой точки, и было показано устано-
влено, что это направление изгибает-
ся от точки вдоль всей поверхности
бомбы (по профилю), а изгибание в
направлении наибольшего кривизны
момента, и того же периода одного
прогиба, равный полу-периоду бомбы.
Движение направления относительно
точки, указывающего в движение
вдоль поверхности, а также дви-
жение направления кривизны в
совершается по тем же зако-
нам, а потому положение равновесия,
в котором будет находиться ма-
шина полета, безпрестанно изменяется

(рис. 96).



направление, сильное движение поперек
по тропе.
§ 104. Когда движение, которое
показывает волна, уже было упомянуто, от полета,
или, что имеет закон и отнес-

(1.1-10-18.0-81) ...

ное протекание по волне, т. е. вглубь и вдобь продвигая, как показано в ДДС. Если-бы даже оно было мало сравнительно со волною, то и тогда-бы его кривоизогнутое произволитривало как-то простую кривизну, заглаженную кривизну волны. Корабль своего подводного корпуса проходит сквозь несколько трохлоидальных поверхностей различных накатностей, с которыми теперь мы не можем сказать, что он колесится так, что волны его выдвигают порожнистые к поверхности 1^ю трохлоидальной слое (означенной цифрами 1-1) преимущественно, или к поверхности второй (2-2), или третьей (3-3) и т. д. слое. Взяв все предположить, что есть какая-то трохлоидальная поверхность ТТ, к которой волны корабля и расположенные порожнисты. Накатость этой поверхности, на которой находится корабль, будем называть двухваловую накатость, потому что корабль движется так, как будто поднимается двумя действиями этой поверхности.

И так, "двухваловая накатость волны" может быть определена как поверхность, в которой порожни в какой-либо точке ее, представляется направление маринь судна, находящегося в по-

Литература Н. Вирженаренба (В. О. 8 и № 1.).

Особенности, До сих пор не в состоянии были
от которых еще определенно формулировать
зависит от - покатости болы, однако же не
на Движение - торые особенностями, выходящие
из покатости на эту форму, также известны. Там
болы.

напр., разность сдвиг сравнительно
с болы, изменение подвальной
части его, боковые и вертикальные
протекание, замечательные сдвиги
среди болы, разность в верти-
кальном положении центра тяже-
сти, — все это вытекает из Движения
из покатости болы. Из этого того
эта покатость может значить
теперь и изменение от поверхности
поверхности болы. Болы, напр.,
болы, каровые, также среди ма-
лых болы даже прямо поперек
болы, могут лежать одно-
временно на нескольких пока-
тостях по доверительным болы,
и эти покатости, будучи наклонены
в противоположные стороны, в со-
вокупности дают горизонталь-
ное направление Движения по-
катости. Со другой стороны, болы
и круглые брошенные, также по-
перек болы, замечательны тем
лишь на покатости даже самих
болы, что Движение по-
катости может быть или
весьма незначительно кривизну
сравнительно с покатостью

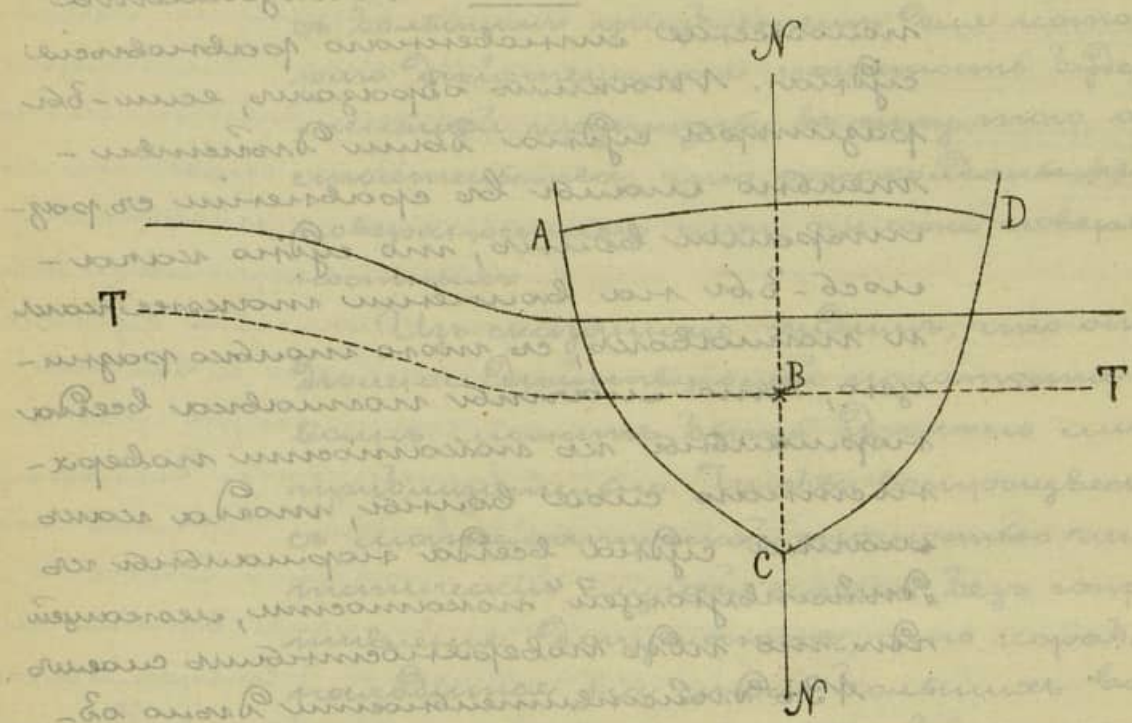
А. А. Косов

кривизны внешней боковой поверхности. Наконец, как крайний пример, можно взять корабль узкий, но с большим изгибом, для которого двукратное покатение является кривизной во силу того обстоятельства, что проходящие под поверхностью слои откоса поверхности.

Из сказанного видно, что определение двукратного покатения можно считать близким. Чтобы воспроизвести с математической точностью типичный случай кочки без сопротивления, допустить, что корабль находится на столь большом волновом сравнительно с соответствующим его размахом, что вполне подчиняется его движению.

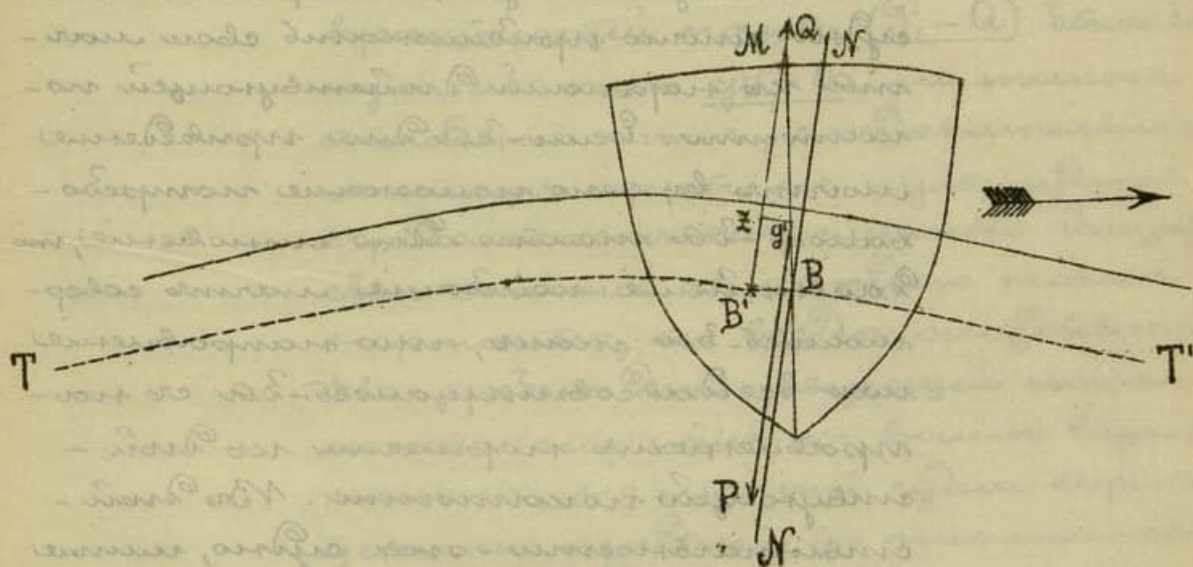
Ясно что, предполагая размах корабля ничтожным сравнительно с размахом волны, не будет никакой чувствительной погрешности, если допустить, что двукратное покатение проходит через центр величин корабля, вместо той точки диаметральной плоскости, через которую двукратное покатение в самом деле должна проходить. Вот (см. 96) буква В обозначает центр величин корабля, представляемого в разрезе на ДС, а ТТ подповерхностный слой, прохо-

(рис. 97).



Длинейным образом, а по
длину иметь направление введе-
ния из положения первоначаль-
ного его равновесия, в котором
момент его совпадал с направ-
лением действующего веса,
т. е. были перпендикулярны ко
горизонту покатой воды. Но в си-
туации момента (рис. 98), когда
проходит форма волны, и судно
существенно изгибается по линии
действующей покатости, оно, в
(рис. 99) Тем изгибавшееся его водонит-
цение и соответственного перехода
центра тяжести из точки В в
точку В', получит направление

(Фиг. 98.)



привести свои моменты въ положение нормальное NN къ той части двои-
ствяющей покатости, на которой оно находится. Сравнение это можно считать пропорциональным моменту паря силъ Q — водовозмущение и P — касуцарое вѣса судна, направленнаго нормально къ двои-
ствяющей покатости; тѣло этой паря есть $g'z$, а моментъ ее $P \cdot g'z$ или $P \cdot g'z$. Такъ какъ судно есть тѣло значительнаго вѣса, а संबо-
вательно и значительной массы, то легко понять, что оно только тогда поднимется симметрично упомянутой паря привести его моменты въ нормальное положение къ

Двиствующей покатости, когда моментъ этой пары $Q \cdot \sin \alpha$ достигнет нѣкоторой определенной величины. Полагая, что это условие удовлетворено и что судно снова придетъ въ свои мачты по нормальн. Двиствующей покатости. Если-бы для приведения мачты въ это положение потребовалось-бы только одно движение, то действительное колебание мачты совершилось-бы такъ, что направление ихъ всегда совпадало-бы съ направлениемъ нормали къ движущейся покатости. Въ действительности-же судно, имѣя значительную массу, имѣетъ и большую инерцію, моментомъ которой и сопротивленіемъ враждебному движению пары ($P - Q$), а следовательно не можетъ мгновенно придти въ положение нормали къ движущейся покатости въ точку B , но для этого требуется нѣкоторый промежутокъ времени. Но истеченіи этого промежутка времени сила вынужденія устремится по нѣкоторому пути по направлению стрелки F , и судно окажется уже въ другой точке Двиствующей покатости, для которой направление нормали, а вѣдущее съ нею направление и величина давленія Q , координатное въса P и т.д. $\sin \alpha$ будутъ уже дру-

ние и, следовательно, марти судна
еще не достигнет совпадения с на-
правлением новой нормалю. Если-
бы они совпали, то момента
вращающей пары ($P_1 - Q$) было бы
нуль, ибо тогда $\sin \alpha = 0$, но такого
совпадения нет, следовательно
момента пары не нуль, судно
продолжает стремиться сдвинуть
свое плывило с каждого нового
направления, но всегда отклоняется.
На предельном движении пока-
тости нормаль к волне верти-
кальна, но марти судна еще не
успели придти в это положене-
ние; переходя на зыбного пока-
тости волны, нормаль ее на-
чнет уже отклоняться по дру-
гую сторону вертикали, тогда-
же продолжится до максимума
кривизны, а затем прои этого
отклонение будет постепенно
уменьшаться. Марти судна в
тоже самое время будут попре-
жнему оставаться от нормалю,
хотя отклонение их может быть
тоже по другую сторону верти-
кали. Может случиться так, что
в то время, когда нормаль к волне,
пока проходит наибольшей кривизны
зидней покатости, сплывет умень-
шат свой угол к вертикали;
марти судна могут совпасть по
направлению с нормалью NN (тоже

самое может случиться и на перед-
ней поверхности); в это движение
иго сф. параб. ($P_1 - Q$) равно нулю,
символически и момент параб.
нуль, т. е. сф. не испытывает
никакого подуредения вращатель-
ного в этом-же направлении.
Но мы уже сказали, что сф. об-
ладает большим инерцием, в силу
которой необходимо пережить через
помощь равновесия и, не сматре-
вася на то, что имеет это мо-
мент, пара ($P_1 - Q$) будет опре-
деленно вращать сф. уже во дру-
гую сторону (срочно вращаю-
щиеся непрерывно), что будет
продолжать вращение в предельно
своем направлении до тех пор,
пока момент вращающей параб.
не подвинет момента инерции; ко-
гда сф. в это движение бу-
дет Q , момент-же P_1 сф. достиг-
нет значительной величины, но
стоит эту хвостикую увели-
чить, как сф. уже начнет
вращаться по обратному направ-
лению, а момент опять будет на-
ходить параб. и все эти
повороты в том-же порядке.

Может быть, еще, что в этот
момент, когда подана первая
двусмысленная покатость к сф.
и подвигнута на нее передняя
часть своей поверхности, вращение

Аннотация Н. В. Буржесова (В.О.Д.ч.Н.1).

вдвинуть утробу. Сидно, отклоненное из
прямое положение, под влиянием мо-
мента устойчивости становится воз-
вращающееся в это прямое положе-
ние, но, по инерции, перекатывается че-
рез него и становится колеблющимся, есте-
ственным своим колебанием, под-
робно нами разобранному в статье
о замедленной динив-се названии.
Динив колебание зависит, очевидно, толь-
ко от двоящихся возмущающих мо-
ментов и от инерции сидна;
качение сидна на волне зависит,
как мы только что видели от
тремя-се факторов, или, говоря
иначе, качение сидна на волне зави-
сит от естественных колебаний
сидна. Кроме того, так как
важнейший из этих факторов,
а именно возмущающий мо-
мент зависит от угла α , ко-
торый в свою очередь находится в
зависимости от положения нор-
мальной НН к волне (см. фиг. 91),
то мы можем сказать, что пе-
риод естественных колебаний сид-
на и период качения нормальной НН
около вертикальной линии нахо-
дится в некоторой зависимости
одно от другого. Наконец, выше
было сказано, что одно колебание

Записки по теории Кардигианского

Марского Кардигианского Кардигианского.

Лист 29.

Иван Иванович Кардигианский

нормами НН отъ угла поизвольнаго отклонение отъ вертикали по одну ее сторону — до угла поизвольнаго отклонения по другую ее сторону, совершается въ такое время, въ какое сформирована проходитъ расстояние равное половине своей длины, или короче, что периода колебаний нормами НН равенъ половине периода волны; отсюда видно, что во время качки корабля на волнении существуетъ некое-рою определенное зависимость между периодомъ естественныхъ колебаний судна и периодомъ волны.

Предполагая качку безъ сопротивления, мы можемъ сказать, что максимальная высота въ вопросе о качке корабля на волнении зависитъ отъ отблеска зависимости между периодомъ волны и периодомъ естественныхъ колебаний судна. Къ решению этой задачи теперь и приступимъ.

§ 106. Полное выяснение указанной зависимости, посредовано-бы сведенъ въ области математики и снабженъ-бы было-бы изъ предельныхъ курсовъ. Поэтому мы воспользуемся лишь основательными результатами, добытыми математическимъ анализомъ вопроса о качке судна на волнении. Прежде всего приведемъ упомянутый результатъ, раздѣлимъ предположительно критическій случай доковой качки су-

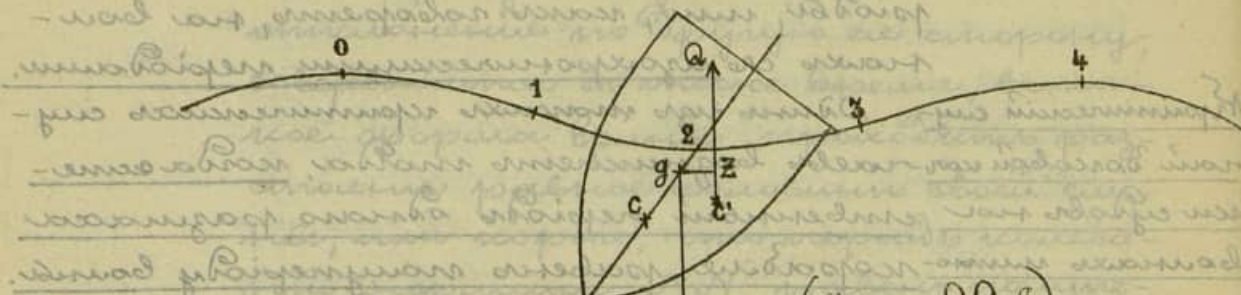
Довольно на установившемся волнении, т. е. на волнах минимальной амплитуды, или, как говорится, на волнах с узловыми периодами.

Критический случай — Один из таких критических случаев возникает тогда, когда естественный период одного размаха корабля равен полупериоду волны. Пусть корабль находится попеременно впереди и в положении наибольшего размаха, поместим, на правую сторону (см. 99а) и пусть волна движется справа на левую, как показано стрелкой 3. Тогда, естественно, поместим какого-либо из нас было толчка волны, корабль будет стремиться стать прямо в течение промежуточного времени равного его полупериоду, т. е. согласно двукратному выше предположению, в промежуточное время равный четверти периода волны, или, в который форма волны пройдет четверть своей длины.

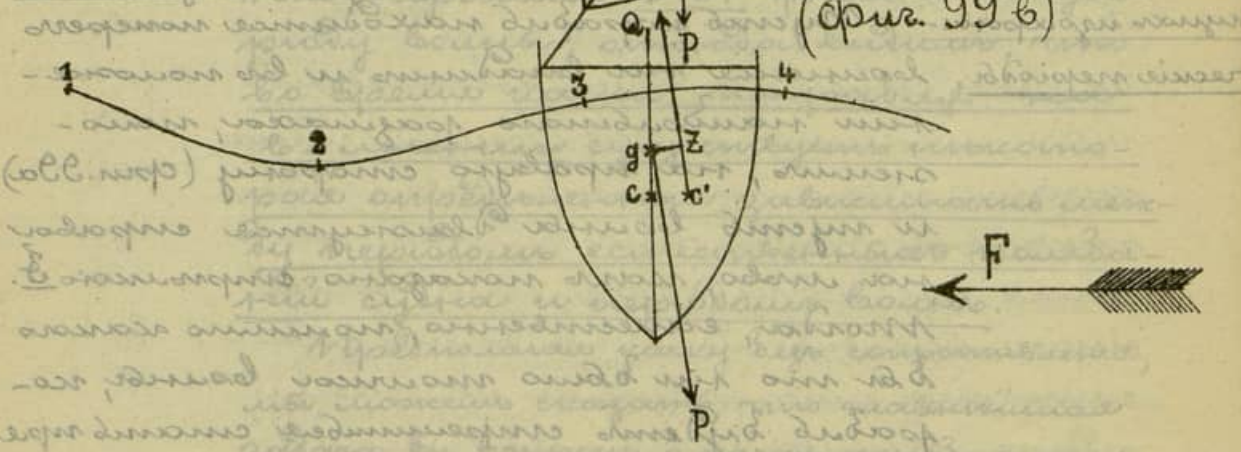
Умнее сказать, корабль примет вертикальное положение в точке 3 (см. см. 99б), т. е. на половине пути от впадины до гребня, или как раз начинается наибольшая крутизна волны.

Теперь в каждый отдельный момент этого обратного движения лавить корабль к вертикальному или, наклонение нормалью, а с

(рис. 99 а)



(рис. 99 б)



доватенно и направление давления воды, действует с малым углом боковой, или почти горизонтально, что приводит к тому, что вертикаль отклонения малая от вертикали поворачивается, как известно, возмущающий момент, и вследствие того, что угол между горизонтальной линией и вертикалью мал, происходит увеличение этого возмущающего момента. Вроде и видно из чертежа можно видеть, что возмущающий момент в этом случае будет

волны, т.е. на горизонтальной
поверхности покойной воды.

Из этого следует, что когда
корабль достигает вершинок
поверхности пополюс вбисс
волны, то он, под влиянием вол-
ны, приобретает большую стре-
мительность, т.е. скорость дви-
жения, которая в спокой-
ной воде, начиная с того же на-
правления отклонения. И тогда, он
стремится достичь вершины большого
отклонения, т.е. какое нибудь
высшее; это стремление увеличивается
еще больше изгибом в на-
правлении нормаль между попу-
сиской и предельной волной, в ча-
сти же от точки 3 до точки 4,
где судно совершает размах волны
от вершины. Стоя на точке 4
судно увидит, что момент во-
схождения в этом случае мень-
ше, т.е. если судно находится
на покойной воде, потому что на
волну с другой стороны напу-
сается в воду меньшей отклонения
т.е. на покойной воде, тогда
как волна в этом месте им-
ет скат в другую-же сторону.
Вспомогательное это движение остано-
вится, во время размаха судна
волна от вершины, постоянно
меньше, т.е. от бисс-ды в спо-

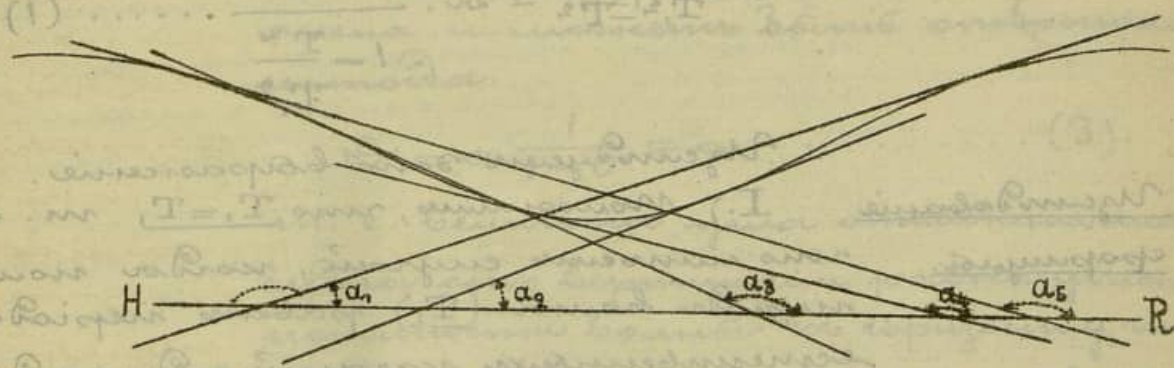
койной воды. У моря, на волнах ко-
рабль отклонится вправо долгие,
и он отклонится - влavo по-
койной воды по двум причинам:
1.) приобретает сравнительно
долгую скорость престо прихо-
да в вертикальное положение, и 2.)
испытывает меньшее сопротивле-
ние от возмущающей волны паре
по проходу вертикального поло-
жения. Следовательно, если период
колебаний судна равен полупе-
риоду волны, то каждая точка
моста волны как-бы подталки-
вается караван и во таком направ-
лении, что заставляет его двигаться
все вправо и вправо размах;
если-бы сопротивление воды не су-
ществовало, то угол размаха ко-
рабля достиг-бы такого значе-
ния, что он покончил перевер-
нуться-бы.

Обратимся теперь к форму-
ле, полученной из упомянутого
математического изыскания
относительно зависимости между
периодом волны, периодом есте-
ственного колебания судна, углом
отклонения мачты корабля от
ответа и формы волны. Престо
всего, в означенных изысках
предполагается, „установив-
шаяся“ точка, т. е. такая, во вре-
мя которой корабль достигает

одного и того-же отношения от
вертикали, а все волны пооче-
дственно.

Формой этих волн характе-
ризуется наибольшей их крутиз-
ной, или наибольшим из углов
упора, которые образуются в го-
ризонтальной линии с касательной
элементу волнового профиля,
т. е. наибольшим из углов
подъема $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ на (фиг. 100).

(фиг. 100).



Формула эта дает выражение
наибольшего отношения корабля от
вертикали во функции синусовых
величин: 1.) наибольшей крутизны
волн и 2.) отношение существен-
ного периода колебания корабля ко
периоду волн.

Положим через α — наибольший
угол, образующий элементом про-
филя волны с горизонталью.

Положим пересть Φ — погонный угол, образующий ланного корабля с безинкомбной линией.

Зантим пересть T — естественный период качки корабля.

Положим пересть $2T_1$ — период волны, откуда T_1 — полупериоду волны.

Если сопротивление воды пренебречь, а означенные выше условия выполнить, то упомянутое математическое уравнение приводит к следующему выражению:

$$\Phi = \frac{\alpha \cdot T_1^2}{T_1^2 - T^2} = \alpha \cdot \frac{1}{1 - \frac{T^2}{T_1^2}} \dots \dots (1).$$

Используем это выражение.

Использование формулы.

I.) Положим, что $T_1 = T$, т. е., что имеем случай, когда полупериоду волны (T_1) равен периоду естественных качаний судна; для этого случая, уже нами рассмотренного, формула (1) примет вид:

$$\Phi = \frac{\alpha T_1^2}{0} = \infty \dots \dots (2)$$

т. е. угол поклолений безогенно-велико — судно опрокинется.

II. Пусть $T < T_1$, тогда $\frac{T^2}{T_1^2}$ есть правильное дробь, т. е. меньше единицы; разность

$$1 - \frac{T^2}{T_1^2} > 0, \text{ и числ. и знамен. } \Phi \text{ и } \alpha$$

имеют одинаковые знаки. Это означает, что ланты корабля

Литература К. Виркенеранда (В. О. 8 и. № 1).

всегда наклонены в одну сторону с волною, т. е. всегда направлены от передней волны, исключая вертикальное положение судна по средине и во впадине. Таким образом разность между $\underline{T}_1$ и $\underline{T}$ тем больше угол Φ , тем как будто точнее, что мы уже видели. Таким образом разность между $\underline{T}_1$ и $\underline{T}$, т. е. тем $\underline{T}_1$ больше $\underline{T}$, тем меньше получается угол разности Φ ; если $\underline{T}$ безконечно мало в сравнении с $\underline{T}_1$, то дробь $\frac{\underline{T}}{\underline{T}_1}$ будет безконечно мала и может быть опущена, и тогда

$$\Phi = \alpha \frac{1}{1-0} = \alpha \dots \dots \dots (3).$$

т. е. величина угла отклонения мачты судна от вертикали равна углу наклона волны к горизонту, что представляет собой нормальное волнение.

III. Предположим $\underline{T}$ больше $\underline{T}_1$, тогда

$$\frac{\underline{T}^2}{\underline{T}_1^2} > 1, \text{ а разность } 1 - \frac{\underline{T}^2}{\underline{T}_1^2} < 0$$

$$\text{сигнов. } \pm \Phi = \mp \alpha \cdot \frac{1}{1 - \frac{\underline{T}^2}{\underline{T}_1^2}}, \text{ т. е.}$$

Φ и α будут всегда имеют разные знаки, т. е. мачта корабля всегда будет наклонена в сторону противоположную наклону волны, или, иначе говоря, всегда будут наклонены к передней волне, исключая те моменты, когда ко-

лечу *В. Г. Казанский*

развѣ находится на предѣлѣ или на
входѣ. Такимъ образомъ къ единично
отношенію $\frac{T}{T}$, тѣмъ громѣ Θ больше,
что указываетъ, какъ и прежде,
на критическій случай каппы. Такимъ
образомъ $\frac{T}{T}$ относительно $\frac{T}{T}$, тѣмъ
громѣ Θ меньше.

Однѣе зо- нотеніе.

И такъ, изъ I, II и III зонотеніе,
что тѣмъ періодъ естественнаго ко-
лебаний меньше, тѣмъ каппа ко-
лебания будетъ ближе подходить къ
каппѣ тона, т. е. судно будетъ ко-
лебаться такъ, что каппа его всегда
будетъ близка къ нормѣ каппы ко-
лебаний каппы тона; тѣмъ
періодъ естественнаго колебаний суд-
на будетъ больше періода каппы,
тѣмъ громѣ Θ меньше, и корабль
качается каппѣ каппы въ первомъ
случае. Для эти каппы доста-
точно малы, но послѣднее оче-
видно малѣе и легче. Нако-
нец, тѣмъ періодъ естест-
веннаго колебаний ближе къ полу-
періоду каппы, тѣмъ каппа же-
сточе и если-бы сопротивление
воды не существовало, то оба пе-
риода сравнились, то судно могло
проходить нѣсколькихъ капп не-
примѣтно отклоняясь-бы.

Изъ однихъ выводовъ имѣемъ: судно
сильнее сопротивъ съ такимъ разче-
томъ, чтобы періодъ имъ естест-
веннаго колебаний превосходить воз-

мощные помпозные периоды работы;
такие мощные суды одезжены.
Если поставленному суду усло-
вие удовлетворить не всегда воз-
можно, то на практике всегда
имеется возможность увели-
чить или уменьшить период
естественного конания суды,
стараясь помнить, что вводить,
для чего суды должны руководиться
правилами, изложенными в
справке в конанье суды
на тихой воде.

О килевой канке мы не упоми-
наем, потому что она не пред-
ставляет собою канку,
так как не может никогда
быть для суды спонсором канки,
как его доковая канка.

Во заключение можем сказать, что
суды помпозные устойчивые помпозные
устойчивые на волнении как одна-
дочные добитыми периодами кан-
ние, что и подтверждается все
предыдущие рассуждения.

Если на примере суды со
добитыми периодами можно ука-
зать на анимированную
„Dulcan“ и французские „Nihilien“,
„Ocean“, „Diffren“ и другие. Период
последнего достигает 10 сек. и
есть один из самых добитых
периодов, какие были до сих пор
определены у добитых суды. Возд-

уже все периодъ судовъ недолбимыхъ весьма незначителенъ.

Указанные броненосцы почти не подвергались качкамъ по волнению; и въ то время какъ сопровождающіе ихъ корветы дѣлаютъ размахъ по 35° и болѣе, суда эти не отклоняются болѣе чѣмъ по 2° или по 3° въ каждую сторону.

Дѣйствіе

сопротивленія
воды.

Сопротивленіе воды по поперечной поверхности сѣда и въ особенности по доковые килы не только замедляютъ качку, но и уменьшаютъ значительно суммарный прогибъ прогнатовъ. Это дѣйствіе, однако, имѣетъ оцутительное значеніе лишь при болѣе размахахъ. Въ другихъ случаяхъ есть среднѣе сопротивление болѣе дѣйствительное для уменьшенія качки. Средство это состоитъ въ устройствѣ специальныхъ камеръ въ сѣдѣ, наплавляемыхъ водою. Извѣстный фрегеръ, что суда, погруженные сильно продвину, то есть наплавленные водою, перестаютъ качаться, или качаются весьма незначительно; послужить основаниемъ для подобнаго устройства, которое впервые было сдѣлано на англійскомъ броненосцѣ "Inflexible". Датотъ броненосцы производятъ опыты, которые вполнѣ подтвердили пригодность введенныхъ камеръ для уменьшенія качки.

Диограмма устойчивости Риска.

Динамическая устойчивость.

Построение

Диограммы
Риска.

§ 107. В начале 60-х годов, из-
вестный английский инженер Риск,
занимаясь в то время проблемами ин-
женером английского флота, ввел
всего несколько простых методов
для измерения степени устойчи-
вости судовых конструкций. Ме-
тод этот называется в пер-
вую очередь Диограмма
устойчивости с обычным прило-
жением имени Риска.

Взглянув на соответствующие коорди-
натные оси, Риск обнаруживает
кривую, ось абсцисс которой суть
различные значения угла накло-
нения судна θ , относительные же
максимальные напр. $5^\circ = \frac{3}{4}$ дюйма,
или какой-нибудь другой, а ор-
динаты представляют собою
возмещающие моменты паров
$$Z = M_0 \sin \theta$$
, относительные или
в том же линейном мас-
штабе как и абсциссы, или
в каком-нибудь другом (напр.
1 дюйм за 1 фунт).

Заметим, кстати, что по-
добные оси имеют все отно-
сительные друг к другу и не имеют

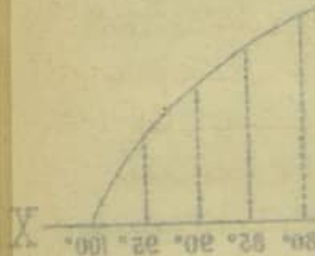
Для получения самой кривой необходимо пойти по крайней мере с ее точкой т. е. задать ось с различными углами наклона (абсциссы) и, соответственно им, вычислить значения η (ординаты) возмущающей силы. Во самом деле: для порбы координат додать только двогтонки дисциплины, и следовательно могут быть только приращенно; при-додать круп,ре-тюре - могут быть только на-роду наклон темб - могут быть только гиперболическую или эллиптическую дугу.

Избавляя примитивные ушибы ко-
жностей и в достаточномъ числѣ
я именно не менѣе 5, проитъ пре-
мало помощей коррозіе, соот-

вытесняющуюся 0° наклонение, вы-
тесняющую, согласно вышеуказан-
ному, при помощи лекала сошнур
диagramмы.

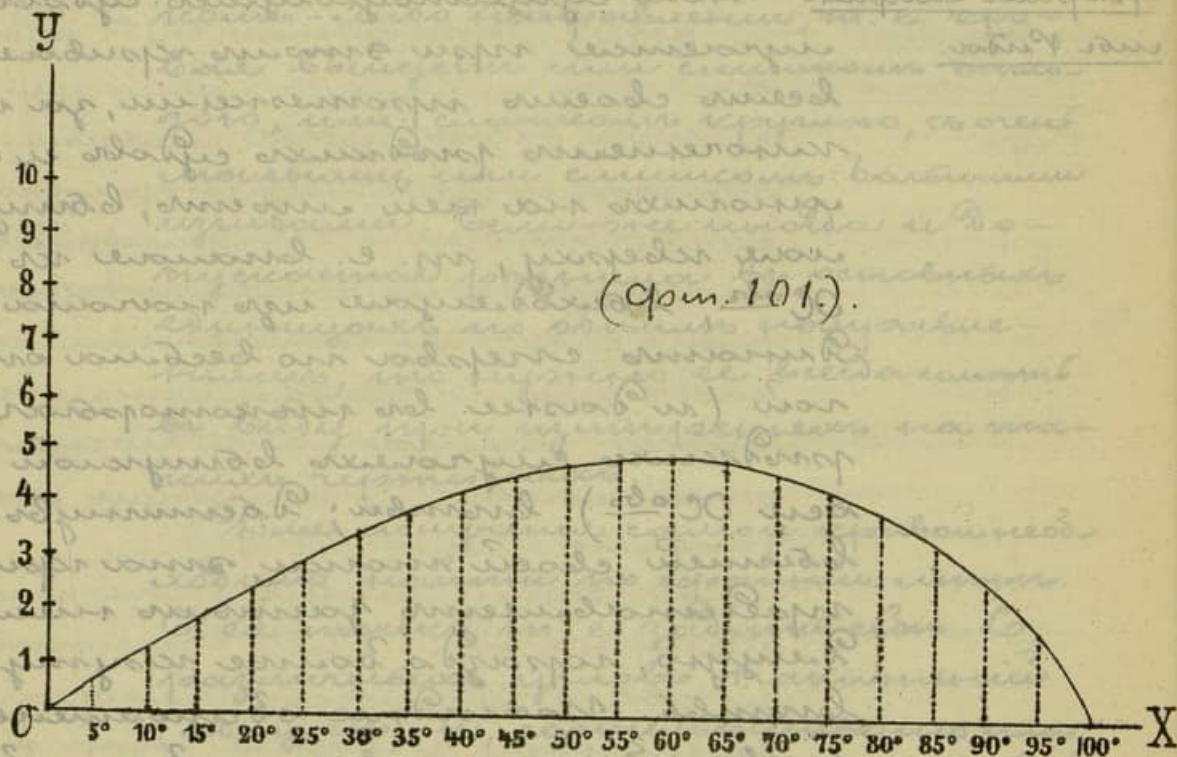
Формы диаграмм
и Ридов.

Для существующих судов по-
лучаемое при этом кривая на
всем своем протяжении, за ис-
ключением редких судов и не-
многих на ней имеет, вытес-
ненную сверху, т. е. впадину ко оси
0° вы, выходящую из центра коор-
динат сначала по весьма отно-
вой (и далее в некоторых редких
судах вытесняющей ко
оси 0° вы) впадине; достигнув же
всех своей точки, эта кривая
представляет собой нисхо-
дящую, гораздо более крутую
вытесненную. Последнее обстоя-
тельство обнаруживает более бы-
строе уменьшение веса возсто-
навливающей части, чем соот-
ветствующее возрастание его
на восходящей вытесненности. Такое
явление происходит во всех вытес-
ненностях судов от того, что посто-
янное наклонение, обуславливающее вы-
тесненность диаграммы, т. е.
наибольшую часть, судно по-
требует погружать свою на-
гузу в воду и этим значи-
тельно быстро уменьшает мо-
мент инерции поперечной
и следовательно быстро понижает



свой метацентризм.

Общий характер диаграммы устойчивости приводится на приложенном чертеже.



Для построения кривой устойчивости судна соответствующего конскому-индусу при наклонении, стоит только сравнить с диаграммой соответствующее этому приему (ординату) и умножить ее на водоздвигательное судно (§ 42).

Примечание При изготовлении диаграммы Риды касательные до того времени покажи, во-первых, постройку диаграммы судна при постоянном курсе приливного Риды. Можно признать во безопасности до

Литература: К. Вирсентерс (В. О. 8 и. №1).

тотъ поръ, пока диаграмма даетъ еще
внутришнее значение θ и что судно опро-
кидывается только тогда, когда до-
стигает крена, означеннаго на
диаграммѣ въ той точкѣ, гдѣ съ
него начинается ось абсциссъ (точ-
ка 100°).

Во-вторыхъ, согласно съ темъ, что
сказанъ было, принимаемъ за мѣ-
ру устойчивости судна длину воз-
становившагося θ , т. е. темъ же
ординату диаграммы; и

въ третьихъ, наибольшая устойчи-
вость принимается соответствующею
наибольшей точкѣ диаграммы.

Многіе замечанія, хотя и высказыва-
вшіеся съ различными оговорками,
не могутъ быть признаны верными,
но крайней мѣрѣ при крене, соот-
вѣствующемъ нисходящей ветви
диаграммы. Въ самомъ дѣлѣ: пред-
ставимъ себѣ корабль, идущій съ по-
стояннымъ креномъ продусовъ въ 60° ,
сообразно нисходящей ветви нашего
чертежа. Но допустимъ, что
онъ идетъ при этомъ внутриш-
нее значение θ , а следовательно и
внутришнее значение момента, разу-
мѣется показывается, что, при
разсмотрѣнномъ крене, этотъ
моментъ уравновѣситъ крене-
цій моментъ, и пока этотъ по-
стоянный не возрастетъ отъ ко-
нечнаго нѣбольшаго приращенія,

Вопросы по теоріи кораблестроенія

Морского Инженерскаго Восточнаго

и Зап. Мор. Инж. Института

Листъ 30

судно может, пожелавши считаться без-
зопасным. Но такая безопасность ин-
стинктивная, интуитивная, потому
что стоит только пометить да-
же моменту, иному при тех же
же условиях, или стоит только
произойти хотя бы и самому уда-
ру волны с повтором, тогда равно-
весие нарушится и тогда, по свойству
исходящей волны диаграммы, вы-
ступающей моменту непрерывно
уменьшится, тогда как кре-
нящий увеличится, и судно должно
быстро увеличивать свое намо-
жение и непрерывно опрокинуться,
если бы внутри даже возвра-
тится к прежней своей силе.

Итак, допускаем кренбы, соот-
ветствующие исходящей волне
диаграммы Дидо, — значит
подвергнет судно, в особенности
погруженное, великой опасности.

Но этот основной исходя-
щую волну диаграммы Дидо мож-
но назвать опасной, или даже
убийственной.

Восходящая волна также не-
престанно порочит безопасность
соответствующих ей судовых
наклонов, так как от инстин-
тивных против кренений момент
может возрасти в значительно
большей степени, так что воз-
растает выходящий момент, и

судно может перейти на нисходящую ветвь диаграммы.

Указанные здесь явно неправильные принципы происходят из неправильного-же взгляда на ширину устойчивости судна, которую приравниваем динию возмущающего твора. В § 42 мы уже ширину судна указали, что за ширину устойчивости надо принимать быстроту ее возрастания, что при методе центрального способа ее изыскание ввыразилось у нас произведением из $\rho \cdot g \cdot M$. Полагая-же, что при добавлении груза наклонение метоцентрического разстояния не остается постоянным и что устойчивость при том-же водоизмещении возрастает пропорционально возрастанию твора, мы должны принять за ширину устойчивости быстроту с которой возрастает твора, т. е. ордината диаграммы Вуда, но ширину увеличения наклонения судна, или, что то же, первую производную этого твора по изысканности груза наклонения.

Но из дисперсионного исчисления известно, что первая производная ординаты по изысканности зависит ввыражении своего тангенса угла касательной в разномыслие-

мой точки кривой к оси абсцисс, кото-
рый следовательно и надо определить
для нахождения ширины остойчивости.
Легко показать, что это можно сде-
лать графически на той же диаграм-
ме. Невыясность взмездов поподство-
вавших в настоящее время и выр-
ность высказанных здесь сообра-
жений подтвердились горьким опы-
том, имевшим место в америк-
ском флоте, с знаменитым бро-
несущим "Coastair". Угол, соответ-
ствующий наибольшему возмущав-
ляющему моменту, для этого фре-
гата был равен 25° , а соответ-
ствующий возмущающий момент при
этом угол (т. е. наибольший мо-
мент) был равен 7100 т. фс.
Во минуту ибем "Coastair" нес
одни паруса во два риса при силе
ветра в $10\frac{1}{2}$ узлов. Наклонив-
шись по 25° фрегаты не имели
силы вырешиться, похвдсь под
совокупным действием ветра
и волнения, хотя момент кре-
нелей сил парусов и был всего
3900 т. фс, т. е. меньше
соответствующего момента
остойчивости почти вдвое. Из
этого примера видно, что при
судебном о безопасности судов под
парусами и на волнении небузе
ограничиваться величинами отно-
шения момента порусности к

моменту устойчивости, а также
кроме того принять во внимание
динамическую устойчивость судна
и углы его размахов на волнении.

О динамической устойчивости судна.

Определение § 108. Динамический инженер Мазей
динамической (Mazelay), член Королевского обще-
устойчивости ства наук, предложил в 1850^м

судна. году изобрести такой называемую
динамическую устойчивость судна
т. е. механическую работу, которую
нужно израсходовать извне, чтобы
наклонить судно до желаемого
угла крена без приращений его
статической силы.

Чтобы, по соображениям судну некото-
рого угла крена, не было приращений
статической силы, необходимо должно
существовать равенство между
производной действительных кренильных
сил и производной возмущаю-
щих пар. Но из Механики
известно, что элементарная ра-
бота пары всегда равна моменту
этой пары, умноженному на
угловое перемещение т. е. Мо-
мент-все возмущающей
судовой пары полагается, как
известно, через умножение водо-
измещения судна на возмуща-
ющую парю, а потому
это все всегда можно рассматри-
вать, как внутреннюю судовой

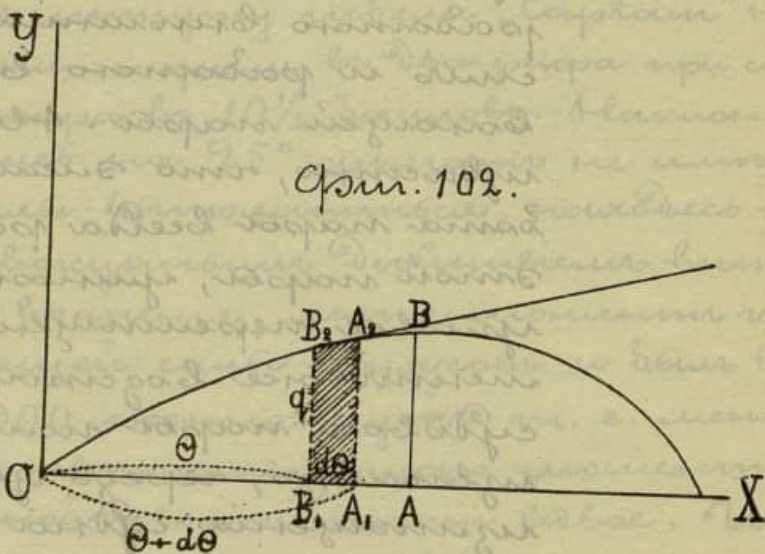
Удобный судо- воить, как внутреннюю судовой
вой момент. момент, рассчитанный на один

только водоизмещение, а следовательно его можно назвать удельным внутренним судовым моментом.

Можно образовать каждое ордината диаграммы Рида представлением этого удельный судовой момент, соответствующий углу поворота, представленным абсциссами.

Определение. Возьмем на диаграмме две соседние ординаты, отстоящие отстоянием θ и $\theta + d\theta$. Назвав на диаграмме ординату через q , найдем, что

Ридс. площадь трапеции $A_1 A_2 B_1 B_2$ приращенная по безконечной узкости ее же прямоугольник, равен $q \cdot d\theta$. Но с



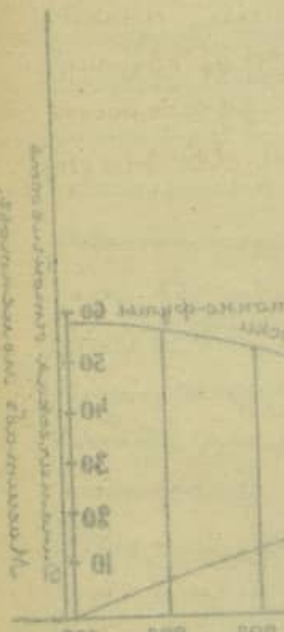
Другой стороной это выражение представляет произведение из величины внутреннего момента q на

элементарный угол поворота судна α . Следовательно, разсчитываемая безукосненно малая площадь диаграммы Рида представляет элементарную работу судовой вращающейся пары, численно равную работе вращающей кривой пары, приходящееся на один момент водозащиты, которую необходимо совершить для увелечения угла наклона (θ) судна на δ . м. угол α .

Исходя из этого можем сказать, что вся площадь диаграммы Рида от начальной ее точки до данного угла наклона судна θ представляет собой полную работу вращающейся пары, а следовательно и полную криволинейную работу, т. е. выражается искомого динамическую устойчивость судна от приемного его положения до данного угла θ , рассчитанную на один момент водозащиты.

Для получения же полной динамической устойчивости судна, надо эту площадь умножить на его водозащиты.

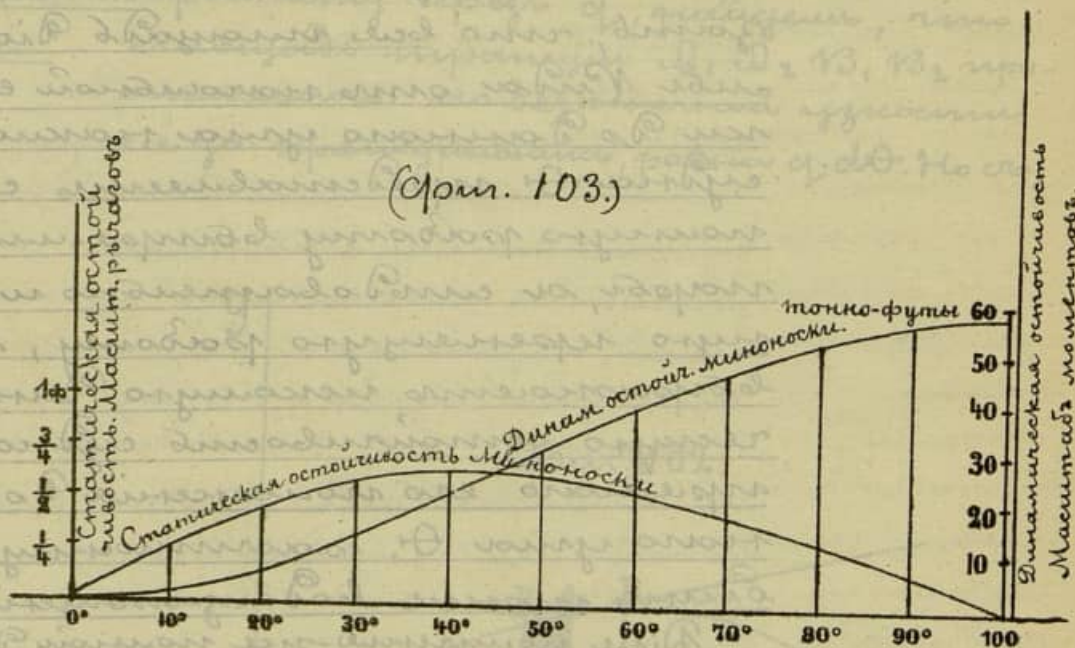
Диаграмма Если взять прямоугольные оси и по динамической одной из них отложить по оси устойчивости. абсциссы отстоят от нуля на крен судна, а по оси ординат столько линейных единиц, сколько



(1) N. 8.0.81

точно-футы содержится в той-
жиди диаграммы Кидо, соответ-
ствующей тому-же углу накло-
нения, то получим, очевидно, кри-
вую, каждая ордината которой
выражает разность креницей
пары, находящейся судно до
разматываемого угла, т. е.
получим диаграмму динамиче-
ской устойчивости судна.

Обыкновенно эти кривые
вычерчиваются на одном чер-
теже, как это показано ниже.



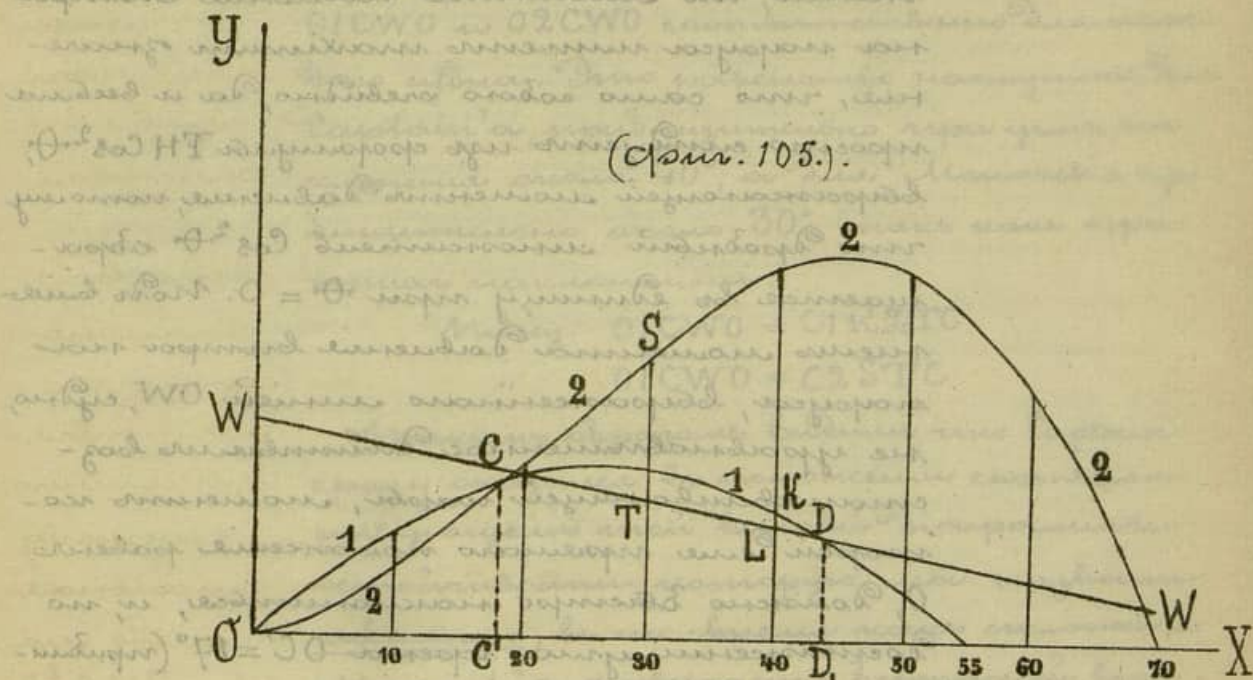
Очевидно, что наибольшая ор-
дината кривой динамической
устойчивости соответствует
той же ординате, при которой орди-
ната диаграммы статической ос-
тотности К. Вукенрейнда (В. О. 8 и №1).

капран, какъ это указано въ главѣ
о сопротивленіи воды движению суд-
на, направлена всегда въ сторону
противоположную движущей си-
лы вътрое и именно равно по-
сильней. Назовемъ разстояние меж-
ду точками прикосновенія F и H
силью FH , замѣтимъ, что
моментъ притяженія парбы въ на-
клонномъ положеніи ее FH равенъ $FH \cos \theta$ можно-судитъ.

Можемъ, замѣтивъ, что вѣс-
тъ какой-нибудь моментъ положе-
нія корабля $= L \sin \theta$, тогда легко
видѣть, что моментъ движущей
парбы (F, R) измѣнится, а именно:
обратится въ $F \cdot H \cdot \cos^2 \theta$, потому
что $H \cdot \cos \theta = H$, и нормальная
сила вътрое $F_1 = F \cos \theta$, снѣд. мо-
ментъ новой парбы $F_1, H_1 = F \cdot H \cdot \cos^2 \theta$.
Все полученный здѣсь результатъ,
выражающій законъ уменьше-
нія момента давленія вътрое
на корпусъ при наклоненіи суд-
на, нужно сравнить, како-
го допущенія степень прибли-
женія, но для практической
здѣсь цѣли достаточно удов-
летворительный.

Индерживаемъ замѣтивъ ме-
тодомъ Ридера, легко построимъ кри-
вую моментовъ давленій вътрое
на корпусъ при попятномъ
наклоненіяхъ корабля.

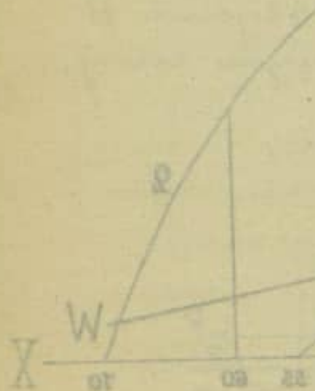
Одна из таких кривых показана на прилагаемой фигуре, для она обозначена $WCDW$. Остальные две кривые (1, 1, ...) и (2, 2, ...) суть кривые остаточности энергии -



испытываемых Capston и Monarch, по ординатам этих кривых изобразимся собою не меру возмозможивающей работы сил, а моменты инерционной остаточности этих судов, для удобства их сравнения, независимо от разницы водоизмещения. При этом допущено, что оба судна имеют одинаковую поручность т. е. одинаковый момент инерции, так что одна и та же кривая моментов давлений ветра служит для обоих судов, и наконец, что искомый момент которого равен OW заставь оба судна в пределе

положении.

На основании сказанного выше относительно площади кривой остойчивости, заключаем, что площадь кривой $WCDW$ представляет работу давления ветра. Когда судно находится в прямом положении, то момент давления ветра на паруса имеет максимальное значение, что само собою очевидно, да и весьма просто выводится из формулы $FH \cos^2 \theta$, выражающей момент давления, потому что квадратный множитель $\cos^2 \theta$ обращается в единицу при $\theta = 0$. Под влиянием момента давления ветра на паруса, выраженного линией OW , судно, не уравновешенное давлением возматывающей пары, момент которой для прямого положения равен 0, должно быстро наклониться, и, по достижении угла крена $OC' = 17^\circ$ (приблизительно) должно уравновеситься, так как линия CC' выражает одновременно как момент кренящей, так и возматывающей пары. Но для того, чтобы привести судно в положение, характеризующее креном OC' , кренящая пара должна была совершить работу равную работе возматывающей пары, выражаемой для Стейна, площадью $OICC'O$, а для Монарша — площадью $OZCC'O$. Но совершив эту работу кренящая пара совершила работу, выражаемую площадью $OC'CW$, которая дает избыток, или запас работы, выражаемой площадью



01CWO Due Captain'a и 02CWO Due Monarch'a. Due изразходование этого зонта по разности сѣла необходимо должно въ продолженіи свои наклоненіе до нѣколько поръ, пока издѣланнымъ изъ диаграммы стойчивости не достигнутъ значеній, равныхъ тангенсу 01CWO и 02CWO соответственно для каждого сѣла. Это равенство наступитъ для Captain'a, приблизительно при углѣ наклоненія около 40° , а для Monarch'a приблизительно, около 30° , такъ какъ при этихъ наклоненіяхъ:

$$\text{Монх. } 01CWO = C1 \tan 2TC$$

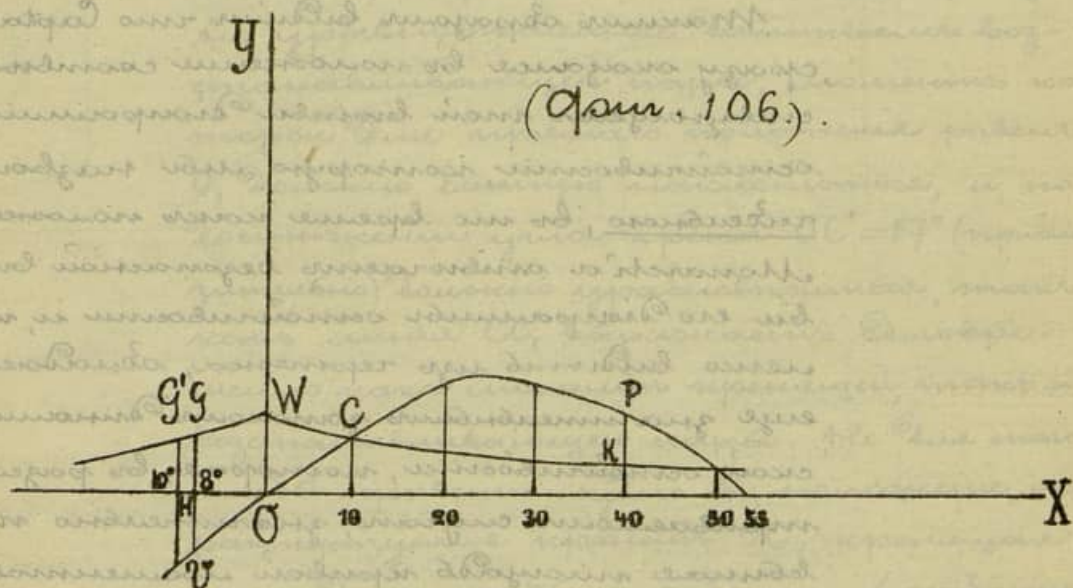
$$" \quad 01CWO = C2 \tan TC$$

Такимъ образомъ видно, что Captain сразу окажется въ положеніи соответствующемъ той вѣтви диаграммы стойчивости, которую мы назвали нѣбесной, въ то время какъ положеніе Monarch'a свѣчается безпастной вѣтви его диаграммы стойчивости и, какъ легко видно изъ чертежа, обладающего еще значительнымъ запасомъ динамической стойчивости, которая, въ разсматриваемомъ случаѣ, значительно превышаетъ тангенсъ кривой моментовъ давленія вѣтра на его паруса, гарантирующую полную безпастность его плаванія.

Еще болѣе критическимъ представляется положеніе сѣла наступившее имѣющимъ въ моментъ оскотаніе его размата на навѣтренную сторону. При такихъ условіяхъ раздѣла кривенныхъ силъ достиг-

нает значительно болѣе разитрово, вследствие того, что кривизнѣ и возмѣнавивающій моменты двѣхъ сторонъ одновременно и въ одну сторону, не будучи уравновѣшенными во все время, пока сѣно возмѣняется въ прямому своему положенію, а затѣмъ, на подвижной сторонѣ наклоненіе сѣна будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнуто такое равновѣсіе, какъ въ вѣнцеразматочномъ сугарѣ. Премаемая группа представляетъ указанное условіе для Carstain'a.

01CWO = 0287



Замѣтимъ, что здѣсь кривая моментъ давленія вѣтра на паруса соответствуетъ углу постоянного крена около 10° . Эта кривая, очевидно должна быть симметрична относительно оси ОУ. Кривые останавивши, соответствующи-

цоне наклонения судна на левый (наветренный) борт, должно впереводимые также все абсциссы, ввиду того что ординатами, поставленными под ось абсциссы, выражающиеся величина, сгруппированная вправо, судно к наветренной стороне, т. е. от правой руки к левой, что и дает основание обозначить обратное сгруппирование ординатами, перенесенными в противоположное направление, т. е. влево. Угол разномора на наветренный борт в этот момент, когда левая часть имеет судно, указанное разноморием ординаты $\angle H V$ от точки O , равный 8° ; вследствие чего зона работы кренуции симби вправо выражается многоугольником $WCOVFW$, приблизительно равной многоугольнику $сркс$, что соответствует наклонению судна под ветер на 40° , при котором указанный зона работы попутится избытком работы возманиваемой парой. Такое положение судна должно считать чрезвычайной опасностью.

Заклиношение.

Приведенные примеры достаточно, чтобы высказать следующие заклиношения:

1.) Кантуемое судно с низким надводным бортом, или с характерными предметами остойчивости, может подвергаться большому риску быть опрокинутым наметившимся левом, на возманиваемом море.

2.) Судно, обладающее большим запасом динамической остойчивости и высоким бортом, имеет большее преимущество в смысле безопасности от опрокидывания действием внешнего лива и удара волн.

3.) Безразмерные суды в указанных условиях находятся еще в более благоприятных условиях.

4.) Сопротивление воды движением судна, для простоты рассуждений, вовсе не упомянутое во всем вышеизложенном, снижает все водоизмещения, выходящие за сферу оптимизации судна, значительно уменьшая крен судна и размах его качаний.

5.) Присутствие во суднах грузов, способных свободно перемещаться в сторону наклона (напр. большое количество воды в трюмах) значительно ухудшает критические водоизмещения, так как имеет большое влияние действующее в сторону наклона.

Открытие порта и не закрытые люки-манифесты во время хода уже неоднократно служили важными факторами при гибели судов. Из литературы о кораблекрушениях можно указать на английский фрегат "Eurydice", относительно которого судно признали, что "несколько открытых портов со нависшей стороны были существенной причиной катастрофы" (фрегат был опрокинут наметавшимся волном).

К о н е ц ъ .

xxv

xxv.

xxv

xxv

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.

xxv.



Col

$$l \cos \alpha = tv \cos \alpha - t \bar{V}$$

$$t \bar{V} = tv \cos \alpha - l \cos \alpha = \cancel{t \bar{V}}$$

$$= \cos \alpha (vt - l) = \cos \alpha \left(v - \frac{l}{t} \right)$$

$$\bar{V} = v \cos \alpha - \frac{l}{t} \cos \alpha$$

$$= \left(v - \frac{l}{t} \right) \cos \alpha$$

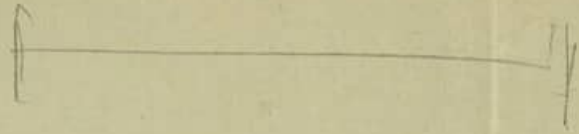
$$(t - t_1) \quad T = \frac{(v \cos \alpha - \bar{V}) I}{v \cos \alpha - \frac{l}{t} \cos \alpha} = \frac{\cancel{(v \cos \alpha - \bar{V}) I}}{\cancel{(v \cos \alpha - \bar{V})} t}$$

$$T = \frac{I}{t}$$

Ваше Императорское Высочество

Разрешите мне с первой моей попытки
Ваше наше искреннейшее поздравление и пожелание
сохранения и незыблемости здоровья Вашего
Императорского Высочества и Августейшего
дочери Вашей

Генерал-лейтенант Инокентий
Вильгельмович Гельфанд



v'

τ'

$$= \frac{\lambda + v\tau'}{\tau'}$$

~~$\lambda + \frac{v}{\tau'}$~~

$$v' = \frac{1}{\lambda}$$

$$v\tau' = \lambda$$

